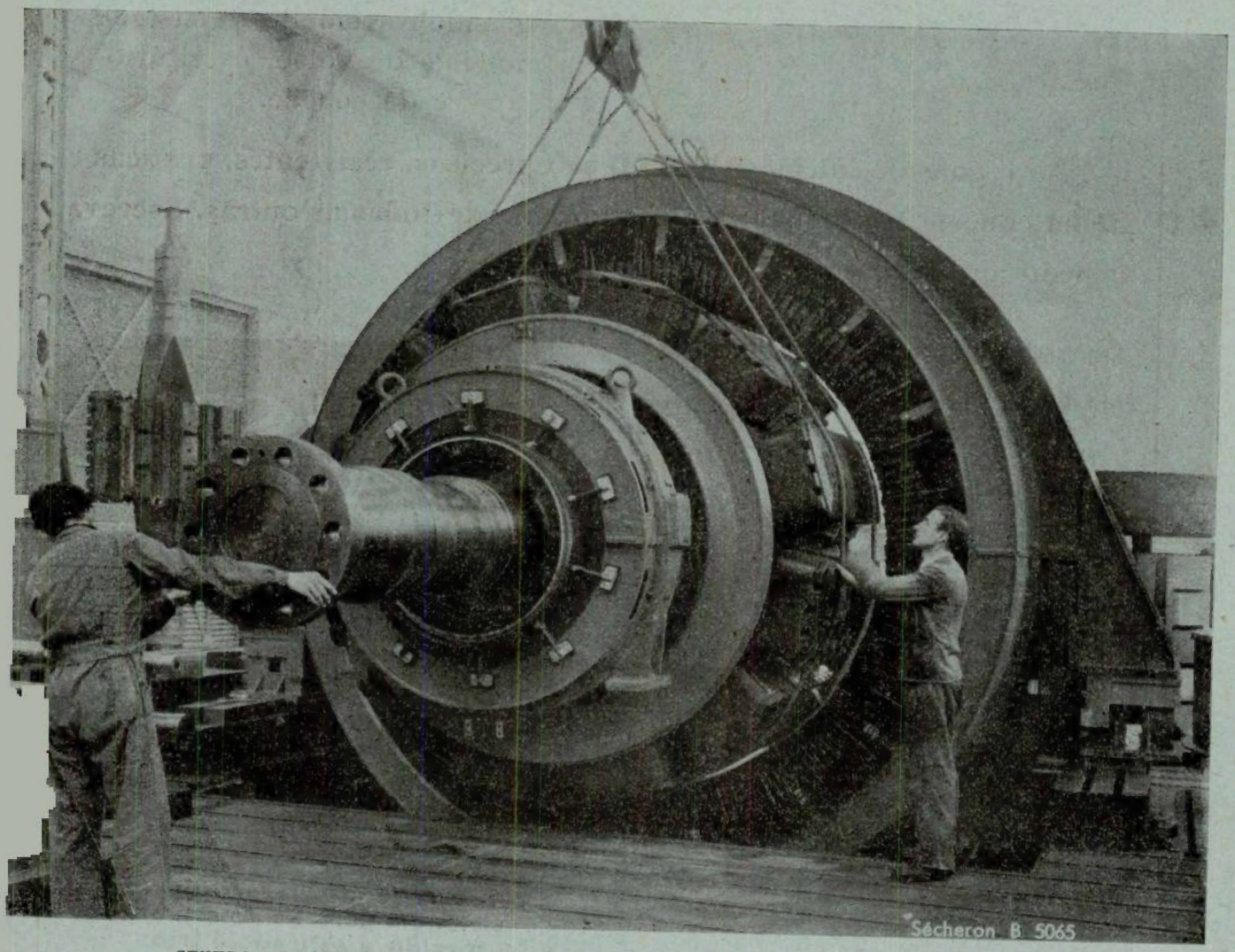
# SECHERON
## GENEBRA




**CENTRAL DE VINODOL, JUGOSLÁVIA — Montagem da roda polar de um dos alternadores de 35.000 kVA, 500 r. p. m., 10.500 V, para ensaios na fábrica.**

ALTERNADORES
TRANSFORMADORES
SOLDADURA

REGULADORES AUTOMÁTICOS DE TENSÃO
RECTIFICADORES DE VAPOR DE MERCÚRIO
TRACÇÃO ELÉCTRICA

Representantes gerais em Portugal:

**SOCOTEL, L.DA**
Rua de Sá da Bandeira, 651 - 4.º Esq.
**Tel. 27013 PPC** **PORTO**

# RÉGUAS DE CÁLCULO

**FABRICO ALEMÃO**

Numa grande variedade de sistemas em modelos de bolso, escritório e de parede.

As réguas de cálculo **ARISTO** são precisas, resistentes, práticas e duma concepção completamente diferente de todas as outras. Escreva a pedir preços e catálogos aos

**Representantes exclusivos para Portugal:**

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.A, L.DA

CASA FUNDADA EM 1854

*Sede:* R. de Santo António, 137 — PORTO
**Telef. 20254/5**

*Filial:* R. Antero de Quental, 17 — LISBOA
**Telef. 53366**

ARISTO

HELIAÇO

NOME E PROCESSO PATENTEADOS

33 a 66 % de economia de peso de ferro

Quilo útil de Heliaço mais barato que o do ferro corrente

42 a 72 % de aumento de eficiência em relação ao aço corrente

**Varão redondo de aço de alta resistência para betão armado, torcido e estirado a frio**

TRANSFORMADO EM PORTUGAL

**Maior aderência que o aço comum. Menores volumes de betão em obra. Maior rapidez de execução. Menor custo do m³ do betão armado**

CARGAS DE SEGURANÇA AUTORIZADAS EM PORTUGAL

2.000 — 2.200 — 2.400 K/cm²

**Fornecemos a pedido e gratuitamente Literatura e Tabelas de Cálculo**

PEDIDOS A HELIAÇO, LDA.

**RUA DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. / LISBOA / TELEFS. 36 78 17 - 21378**

C. D. U. 625.7 (063)

# SOLOS DAS ESTRADAS

## Relatório Português apresentado no X Congresso Internacional da Estrada, Istambul, 1955

ÚLPIO NASCIMENTO
Chefe da Secção de Estradas e Aeródromos
do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PEREIRA DOS SANTOS
Director do Laboratório de Ensaios de Materiais
e de Mecânica dos Solos de Moçambique

WALDEMAR D'OREY
Director do Laboratório de Ensaios de Materiais
e de Mecânica dos Solos de Angola

ABEL SIMÕES
Assistente do Laboratório Nacional
de Engenharia Civil

FERNANDO BRANCO
Assistente do Laboratório Nacional
de Engenharia Civil

ELIAS DA COSTA
Engenheiro da Junta Autónoma
de Estradas

MARQUES DIAS
Engenheiro da Junta Autónoma
de Estradas

KOL DE CARVALHO
Engenheiro da Comissão Executiva
das Obras Militares Extraordinárias

RUY MARTINS
Engenheiro da Comissão Executiva
das Obras Militares Extraordinárias

## SUMÁRIO

### *A* — CAPACIDADE DE CARGA

**Prospecção** — Considera-se de grande importância para o estudo do solo de fundação de uma estrada ou aeródromo, o reconhecimento e identificação das formações geológicas atravessadas pela obra. Este conhecimento, relacionado com a experiência adquirida em obras sobre tais formações conduz normalmente a uma grande economia nos trabalhos de prospecção.

A condução destes trabalhos é feita correntemente do seguinte modo: Com base nas linhas gerais da geologia realiza-se uma amostragem expedita com trados manuais, a partir da qual se localizam os pontos onde se torna necessária uma amostragem mais profunda que se realiza por meio de poços ou furos de sonda. Paralelamente com a amostragem expedita realizaram-se ensaios para determinação da resistência dos terrenos «in situ», para o que se utiliza uma sonda de penetração, ensaios de C. B. R. de campo e ensaios de carga.

**Resistência dos solos em função da sua constituição e humidade** — Tem-se tentado tratar este problema relacionando os conceitos de superfície específica e de tensão interfacial com os de sucção, coesão e resistência. Por outro lado tem-se dado particular atenção às relações entre o C. B. R. e a percentagem de solo passada no peneiro de 74 $\mu$.

**Alguns exemplos de dimensionamento de pavimentos** — Em Portugal continua a dar-se preferência aos pavimentos flexíveis, sendo o seu dimensionamento feito principalmente com base no método de C. B. R. utilizando-se também, por vezes, o método do «índice de grupo» e, no Ultramar, o de Glossop e Golder.

Na Metrópole, onde é grande a experiência sobre o comportamento de antigas estradas dimensionadas empìricamente, os resultados da aplicação do método de C. B. R. são temperados com o saber empírico fundado em tal experiência. Nos exemplos apresentados verifica-se que as dimensões dos pavimentos podem, em muitos casos, ser comandadas por razões independentes da capacidade de carga, tais como variações volumétricas, erosão ou drenagem.

**Sugestões para a síntese dos métodos relativos aos pavimentos flexíveis e rígidos** — Com vista a uma melhor definição da capacidade de carga que possa conduzir ao estabelecimento dum método de dimensionamento aplicável a todos os tipos de pavimentos têm-se feito alguns estudos, cujo estado actual se apresenta.

Adopta-se como critério de definição da capacidade de carga, em primeiro lugar, o assentamento que a roda produz no pavimento e, em segundo lugar, as tensões geradas

no solo de fundação e no pavimento. Para relacionar os vários parâmetros em jogo fazem-se hipóteses simplificativas do tipo das feitas na resistência de materiais e que permitem o cálculo expedito de estruturas sem recorrer às complicadas expressões da teoria da elasticidade.

*B* — ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS

**Estabilização de solos** — Na Metrópole é relativamente pequena a experiência na estabilização de solos. No Ultramar, principalmente em Moçambique, recorre-se à estabilização mecânica e ao solo-cimento. A primeira tem sido objecto de estudos com vista a uma melhor compreensão do fenómeno, tendo sido deduzidas algumas relações entre as características de consistência e granulométricas dos solos individuais e da sua mistura.

**Defesa contra a erosão** — O fenómeno da erosão é considerado como de muita importância nos taludes, nas valetas e no próprio pavimento das estradas.

De estudos feitos conclui-se que a erosão laminar e ravinosa se evita limitando o escoamento superficial e facilitando a infiltração, o que se consegue adoçando os taludes, fazendo o revestimento vegetal ou criando socalcos. Por vezes tenta-se a estabilização de solos.

Os escorregamentos e quebradas, que constituem uma forma descontínua de erosão, impedem-se diminuindo as variações de humidade quer por molhagem quer por secagem. Uma vez que este tipo de erosão afecta directamente a segurança do tráfego rodoviário e ferroviário preconiza-se a realização de observações sistemáticas dos taludes e encostas para o que se lança mão, principalmente, da técnica dos alinhamentos topográficos tendo-se desenvolvido alguma aparelhagem destinada a este tipo de observações.

**Solos lateríticos** — Existe já no Ultramar bastante experiência sobre o emprego de solos deste tipo na pavimentação de estradas e aeródromos. Presentemente está em curso um estudo mais intensivo com vista à melhoria das técnicas da sua utiiização.

## A — Capacidade de carga

### 1. INTRODUÇÃO

Da experiência adquirida na Metrópole e no Ultramar portugueses no dimensionamento de pavimentos resultam como mais importantes os seguintes pontos:

*a*) Cuidadosa prospecção geotécnica que localize e caracterize os solos das diferentes formações geológicas sobre que assenta a estrada ou aeródromo. Consideração especialmente cuidadosa dos efeitos das variações climáticas e sazonais no volume, resistência e estabilidade dessas formações.

*b*) Cuidadosa ponderação da experiência adquirida na observação do comportamento de antigos pavimentos fundados nas mesmas formações. Interpretação de tal comportamento à luz dos métodos de dimensionamento adoptados (C. B. R., Westergaard, etc.) tomando por base a duração do pavimento e as características e intensidade do tráfego a que esteve submetido desde a sua construção.

*c*) Adequada escolha das características da roda que melhor representa o tráfego a que o pavimento vai ficar submetido e consideração do número de aplicações de tal carga que melhor corresponde à intensidade do tráfego e à duração pretendida para o pavimento.

*d*) Finalmente, criteriosa aplicação do método de dimensionamento mais adequado tendo presente todas as considerações das alíneas anteriores. O dimensionamento escolhido pode em muitos casos ser comandado por razões independentes da capacidade de carga (variações volumétricas, erosão, drenagem).

No relatório que se segue resume-se o que nesta matéria em Portugal se tem feito, os resultados obtidos e as orientações que se esboçam.

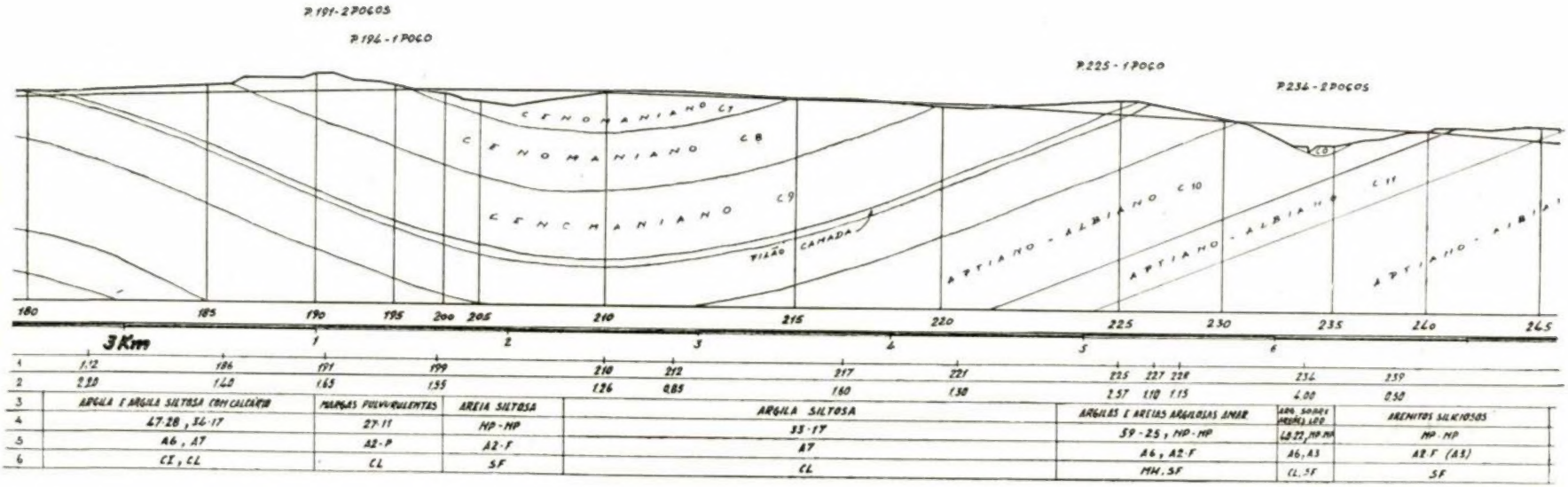
### 2. PROSPECÇÃO DO SOLO DE FUNDAÇÃO

O reconhecimento e identificação das formações geológicas é considerado de grande importância para a economia do estudo dos solos de fundação duma estrada ou aeródromo. Com efeito, a acumulação da experiência adquirida em obras e estudos dos solos duma dada formação constitui um valor inestimável posto à disposição de quem projecta ou constrói. Considera-se mesmo que em regiões onde muito se constrói poderá ser mais económico fazer estudos sistemáticos e gerais dos solos da região, úteis para qualquer tipo de obra, do que apenas estu-

QUADRO A

**Solos típicos da região de Lisboa**

| GEOLOGIA | | | Designações vulgares | Peso específico dos grãos ($g/cm^3$) | L. L. | L. P. | I. P. | L. R. | C. B. R. (%) | $E_f$ ($kg/cm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Formação | Fácies | Possanças | | | | | | | | |
| Quaternário e Recente | Fluvial | geralmente inferior à dezena de metros | Aluviões do Tejo e seus afluentes | 2,77 | 58 | 33 | 25 | 22 | 3-10 | 10-100 |
| Miocénico | Marinho | cêrca de três dezenas de metros | Areia fina | 2,64 | NP | NP | NP | 23 | — | 300 |
| | | | Areia grossa | 2,64 | NP | NP | NP | 17 | — | — |
| | | | Saibro | 2,63 | 20 | 14 | 6 | 11 | 24 | 300 |
| | | cerca de três dezenas de metros | Argilas do Forno do Tijolo | 2,62 | 43 | 25 | 18 | 20 | 16 | 300 |
| | | cerca de duas dezenas de metros | Areolas da Estefânia | 2,66 | NP | NP | NP | 25 | 25 | 200 |
| Oligocénico | Continental | até duas centenas de metros | Argilas e margas da formação de Benfica | 2,73 | 64 | 31 | 33 | 20 | 13 | 100 |
| | | muito variável, geralmente inferior à dezena | Argilas e margas basálticas | 2,84 | 70 | 38 | 32 | 10 | 10 | 100 |




| | |
|---|---|
| 1 | HECTOMETRAGEM |
| 2 | PERFIL SONDADO |
| 3 | PROFUNDIDADE DA SONDAGEM |
| 4 | NATUREZA DO TERRENO |
| 5 | CONSISTENCIA |
| 6 | CLASSIFICAÇÃO PUBLIC ROADS |
| 7 | CLASSIFICAÇÃO CASAGRANDE |

NOTA: O RECONHECIMENTO GEOLÓGICO FOI REALIZADO PELOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS

Fig. 1 — Perfil geotécnico dum troço da nova Auto-Estrada Lisboa–Sintra em construção

dos fragmentados limitados pelo vulto da obra específica a que se destinam.

Essa orientação foi seguida para o estudo dos solos da região de Lisboa (1) e já o tinha sido para os inertes também de Lisboa (2). Verificou-se assim que é possível reduzir a um pequeno número de tipos os terrenos duma região mesmo que seja de geologia complexa. Em Lisboa, com efeito, cuja geologia vai desde o Cretácico ao Quaternário, parece possível reduzir os terrenos aos oito tipos referidos no Quadro A.

No entanto correntemente o trabalho de prospecção é conduzido da seguinte maneira. Com base nas grandes linhas de geologia do local procede-se a uma *amostragem expedita* com trados manuais. Pode assim, com bastante economia, sondar-se o solo até profundidades de alguns metros, localizando os pontos onde se impõem sondagens mais profundas com colheita de amostras intactas. Para estas sondagens usam-se de preferência *poços* rectangulares ou elípticos, convenientemente entivados, por permitirem o exame directo dos terrenos atravessados e respectiva colheita das amostras intactas. Se a quantidade de água a extrair dos poços é excessiva, ou se os terrenos, por serem muito fracos, carecem de entivação muito dispendiosa dá-se então preferência aos *furos de sonda*.

O resultado final do estudo geotécnico é apresentado num perfil longitudinal e em perfis transversais. Na fig. 1 mostra-se um troço do perfil longitudinal da nova auto-estrada Lisboa-Sintra, em construção.

Para a determinação da resistência dos terrenos «in situ» fazem-se paralelamente com a amostragem expedita ensaios com uma sonda manual de penetração, cujo esquema se apresenta na fig. 2.

A sonda de penetração serve para avaliar de forma expedita a variação da resistência do terreno com a profundidade; determina-se com ela o número de pancadas de um pilão que, para uma dada altura de queda, é necessário para a sonda penetrar uma certa profundidade (10 cm, por exemplo).

A resistência à penetração da ponta da sonda significa para cada estrato uma espécie de dureza; representando-a horizontalmente e a profundidade verticalmente, obtém-se um diagrama de penetração onde aparecem claramente diferenciadas as camadas duras e as camadas brandas.

Nos furos de sonda faz-se a determinação da resistência também pelo ensaio de penetração recomendado por Terzaghi e Peck (3).

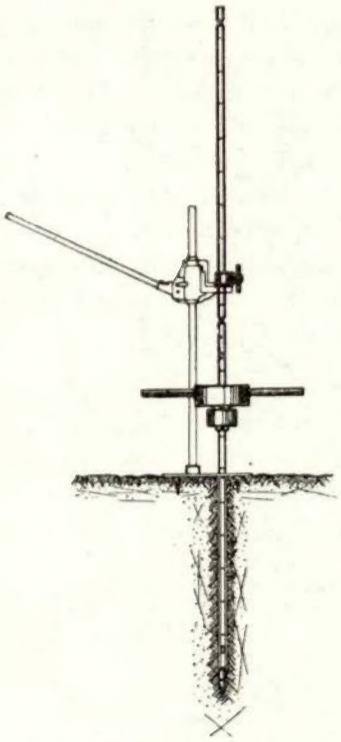


Fig. 2 — Sonda normal de penetração

O ensaio C. B. R. «in situ» efectuado sobre um terreno de fundação que se pretende revestir com um pavimento a dimensionar pelo método do C. B. R. também tem sido usado. No entanto a experiência adquirida aconselha algumas precauções. Em primeiro lugar o C. B. R. caracteriza apenas uma delgada espessura de terreno, visto que o bolbo das pressões do pistão C. B. R. não vai além de cerca de 10 cm; contudo as maiores profundidades atingidas pelo bolbo de pressões dos grandes pneus de camião e de avião vão interessar terrenos profundos ou mais húmidos ou mesmo diferentes e menos resistentes. A sonda de penetração acima referida, comparando as resistências às várias profundidades, é portanto um indispensável complemento do C. B. R. de campo.

Em segundo lugar, a camada superficial caracterizada pelo C. B. R. está em geral, nos nossos climas, mais seca e portanto mais dura do que as camadas subjacentes e também do que as próprias camadas superficiais depois de cobertas pelo pavimento; impõe-se por isso muita pru-

dência ao utilizar os valores assim obtidos no dimensionamento. A grande variação do valor do C. B. R. com a humidade do solo é mais uma causa que diminui o valor do C. B. R. de campo, pois que não é aí possível impor em todos os locais de ensaio satisfatória uniformidade das condições de humidade. É esta certamente uma importante causa da grande dispersão de resultados do C. B. R. de campo.

Na fig. 3 mostram-se resultados de ensaios no aeródromo de Alverca, nas aluviões do Tejo; e na fig. 4, a curva cumulativa da dispersão dos ensaios feitos no aeródromo do Montijo, também nas aluviões do Tejo.

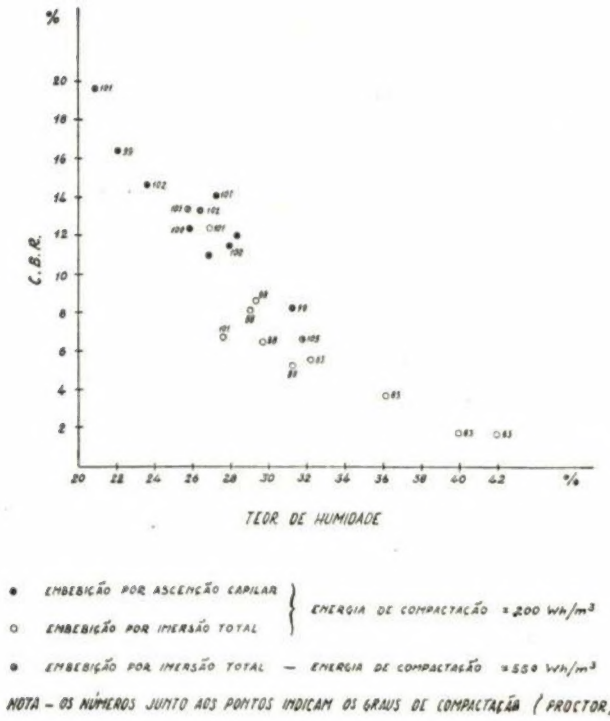



Fig. 3 — Valores do C. B. R. de laboratório e de campo do terreno de fundação do aeródromo de Alverca

Por algumas destas razões o C. B. R. de campo tem maior interesse para fins de controle da compactação ou para a avaliação da capacidade de carga de pavimentos já existentes e dimensionamento das recargas que aumentam essa capacidade de carga. É esta a orientação que em Moçambique se tem seguido na utilização deste ensaio onde neste momento se está também utilizando para projecto da espessura do pavimento estabilizado provisório, sem protecção betuminosa, da nova estrada ligando a povoação da Macia, na E. N. 1, à do Guijá, no aproveitamento hidro-agrícola do Limpopo (60 km).

A determinação da resistência do terreno por meio de ensaios de carga sobre placas circulares constitui segundo se julga o método de que mais há a esperar no futuro por ser aquele que mede a resistência do terreno solicitando-o de modo mais semelhante às condições reais, e ainda por ser aquele cujos resultados são mais fàcilmente relacionáveis com a resistência de materiais e portanto com toda a experiência proveniente do estudo e projecto de estruturas.

Adiante no Art. 5 volta-se a referir este ensaio e suas relações com o C. B. R.

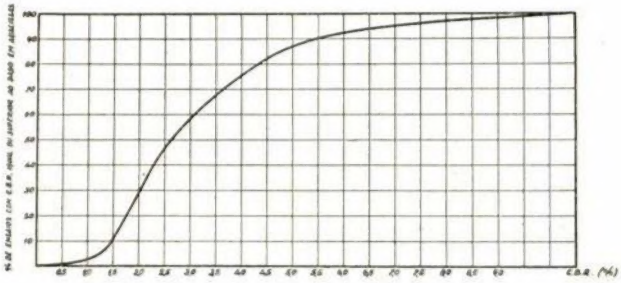


Fig. 4 — Curva cumulativa mostrando a dispersão de valores do C. B. R. de campo do terreno de fundação do aeródromo do Montijo

## 3. RESISTÊNCIA DOS SOLOS EM FUNÇÃO DA SUA CONSTITUIÇÃO E HUMIDADE

O problema das relações entre a resistência dos solos e a sua constituição e estrutura constitui um dos sectores que mais tem interessado os laboratórios portugueses.

No Laboratório Nacional de Engenharia Civil esse problema tem sido tratado tentando relacionar os conceitos de superfície específica e de tensão interfacial com os de sucção, coesão e resistência.

Seguidamente resumem-se alguns dos resultados obtidos.

a) **Sucção, coesão e resistência dos solos** — O volume de vazios deixado entre as partículas dum solo (fig. 5) pode ser expresso pelo produto da superfície formada pelo lugar geométrico dos pontos equidistantes da superfície dos grãos pela distância média entre tal superfície e a dos grãos. Para um centímetro cúbico de partículas sólidas essa relação será evidentemente

$$e = \gamma_g \lambda \varepsilon \qquad (1)$$

sendo

e — índice de vazios
$\gamma_g$ — peso específico dos grãos ($g \cdot cm^{-3}$)
$\lambda$ — superfície específica do solo ($cm^2 g^{-1}$)
$\varepsilon$ — expessura da película de vazios (cm)

Sabe-se (1) que na interface de contacto com os grãos sólidos a água sofre uma perda da sua entalpia ($\Delta U$) que se reflete numa diminuição da respectiva pressão interna ($p_i$) a qual será tanto maior quanto mais próxima da interface se encontrar. Essa perda de pressão interna ($\Delta p_i$) não é mais do que a *sucção* ($\omega$) a que a água dos solos fica submetida.

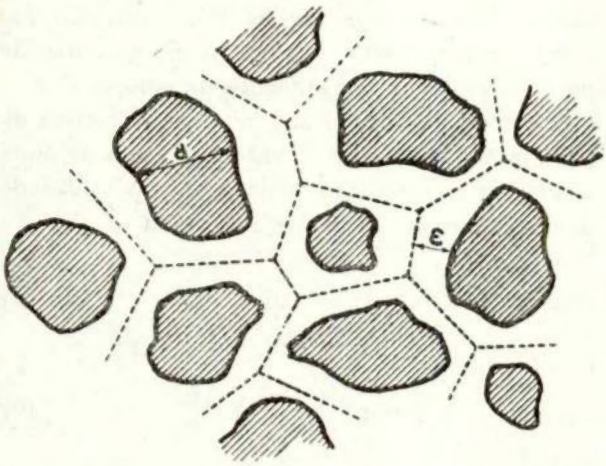



Fig. 5 — Esquema relacionando o índice de vazios (e) dum solo com a superfície específica ($\lambda$) e com a espessura da película de vazio ($\varepsilon$).

Se for V o volume específico médio da água na película de contacto, a perda de energia ($\Delta U$) de cada grama de água pode ser aproximadamente expressa pelo produto

$$\Delta U = \omega \cdot V \qquad (2)$$

donde se deduz que o sucção não é mais do que a perda de energia por unidade de volume da água (1).

A perda total de energia da água por cada $cm^2$ da interface será o integral de ($\Delta U$) em toda a espessura da película de contacto da água, isto é, a perda de energia do sistema por unidade da superfície de contacto, ou seja, a *energia* ou *tensão interfacial* (6).

A sucção média será portanto dada pela expressão

$$\omega = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad (3)$$

A perda de energia da água que satura um grama de solo seco será evidentemente o produto

$$q = \lambda \cdot \sigma \qquad (4)$$

que mais não é do que o *calor de molhagem* do solo, tal como ele é determinado num calorímetro.

Das equações (1), (3) e (4) resulta a seguinte expressão para a sucção média

$$\omega = \gamma_g \cdot \frac{q}{e} \qquad (5)$$

que relaciona a sucção com o calor de molhagem.

Destes conceitos pode deduzir-se, por exemplo que um solo saturado tem uma *coesão* igual à sua sucção (4).

Outra consequência destes conceitos teóricos é a generalização da equação fundamental de Terzaghi, que relaciona a tensão total (6) com a tensão efectiva ($\bar{\sigma}$) e a tensão neutra (u)

$$\sigma = \bar{\sigma} + u \qquad (6)$$

A análise desta expressão geral permite uma interpretação muito satisfatória de muitos fenómenos tais como a retracção e a expansão dos solos por secagem e molhagem; o movimento das águas subterrâneas e sua drenagem abaixo e acima do nível freático, aplicando as leis da hidráulica não apenas à pressão (u) mas também à diferença ($u - \omega$); as variações de resistência; os equilíbrios de sedimentação de argilas e coloides onde a tensão efectiva por contacto dos grãos ($\bar{\sigma}$) é pràticamente nula; etc.

b) **Superfície especifica e granulometria** — Com base na curva granulométrica pode calcular-se a superfície específica pela expressão (1)

$$\lambda = \frac{6\,K}{100} \Sigma \frac{p_i}{d_i} \quad (cm^2 \cdot g^{-1}) \qquad (7)$$

K — coeficiente de forma das partículas variável de 1, para grãos esféricos, até mais de 2, para partículas lamelares ou alongadas;
$d_i$ — limite inferior dos diâmetros duma fracção do solo;
$p_i$ — percentagem de material de diâmetros compreendidos entre $d_i$ e $d_{i-1}$.

A grande contribuição para a superfície específica é a dos grãos de argila e dos coloides que

não são geralmente detectados pelos usuais processos de sedimentação que terminam em diâmetros da ordem do micron. Procurou-se por isso aperfeiçoar o ensaio até detectar os elementos coloidais (0,1$\mu$). Para tal um dos processos tentados foi o dum piezómetro constituído por um tubo cheio de água pura, obturado no topo inferior por um filtro (fig. 6).

O excesso ($\Delta$ h) de altura a que esta água sobe pode relacionar-se com a percentagem ($p_s$) de solo em suspensão. E o diâmetro mínimo do solo pode ser determinado muito fàcilmente pela velocidade de descida da turvação na parte superior da dispersão.

A determinação do diâmetro mínimo por este processo pode fazer-se como complemento dos ensaios pela técnica corrente do densímetro nas vulgares provetas de litro. É certo que em terrenos coloidais pode haver que esperar alguns meses para que desça a turvação, mas isto permite prolongar a curva granulométrica até aos coloides.

Aplicando esta técnica às curvas granulométricas dos oito solos de Lisboa (Quadro A) obtiveram-se as superfícies específicas que se indicam no Quadro B em confronto com os valores obtidos por outros processos. Conclui-se de tal quadro que há tantos valores da superfície específica quantos os métodos usados para a determinar.

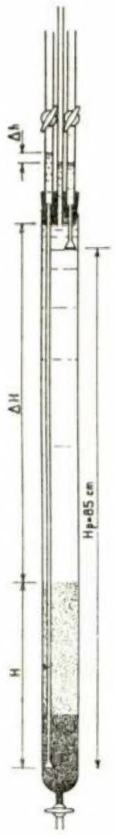



Fig. 6 — Montagem para o estudo da sedimentação dos solos e sua granulometria

A análise e interpretação de tais divergências implica o estudo dos fenómenos de permuta iónica, calores de hidratação dos iões, $p^H$, electroosmose, etc.

c) **Permeabilidade** — A previsão analítica da permeabilidade com base na superfície específica, feita pela fórmula de Kozeny, conduz a resultados satisfatórios para as areias mas dá valores muilo altos para as argilas (1). Entrando em linha de conta com o aumento do percurso de percolação devido ao aumento da compacidade e ainda com a diminuição da secção efectiva de percolação nos vazios devida à película de água adsorvida e imobilizada pela grande viscosidade devida à sucção, deduz-se a fórmula

$$K = 10^4 \frac{C_k}{L^2} e^3 \qquad (8)$$

sendo

$$k = \left(1 - 10^{-6} \frac{L}{e}\right)^2 \qquad (9)$$

onde:

K — coeficiente de permeabilidade (cm/seg)

e — índice de vazios

QUADRO B

**Valores da superfície específica dos solos de Lisboa obtidos por diferentes processos**

| DESIGNAÇÃO | Da granulometria ($cm^2 . g^{-1}$) | Do calor de molhagem ($cm^2 . g^{-1}$) | Da permeabilidade ($cm^2 . g^{-1}$) | Do método de Wagner ($cm^2 . g^{-1}$) | Do método de Blaine ($cm^2 . g^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Aluviões do Tejo . | 100 000 | 2 400 000 | 110 000 | 3 300 | 2 500 |
| Areia fina . . . . | 800 | 470 000 | 1 900 | — | 600 |
| Areia grossa . . . | 200 | 190 000 | 1 000 | — | — |
| Saibro . . . . . | 200 000 | 1 100 000 | 19 000 | 800 | 900 |
| Argila Azul . . . | 22 000 | 1 660 000 | 84 000 | 1 800 | 2 800 |
| Areola . . . . . | 1 300 | 670 000 | 13 000 | 600 | 1 200 |
| Argila oligocénica . | 130 000 | 5 200 000 | 160 000 | 1 900 | 2 000 |
| Argila basáltica . . | 38 000 | 8 400 000 | 120 000 | 1 400 | 1 400 |

L — superfície específica volumétrica ($cm^2/cm^3 = cm^{-1}$)

$L - \gamma_g \cdot \lambda$

Os valores assim calculados para os solos de Lisboa têm um andamento muito semelhante aos resultados experimentais como se vê na fig. 7.

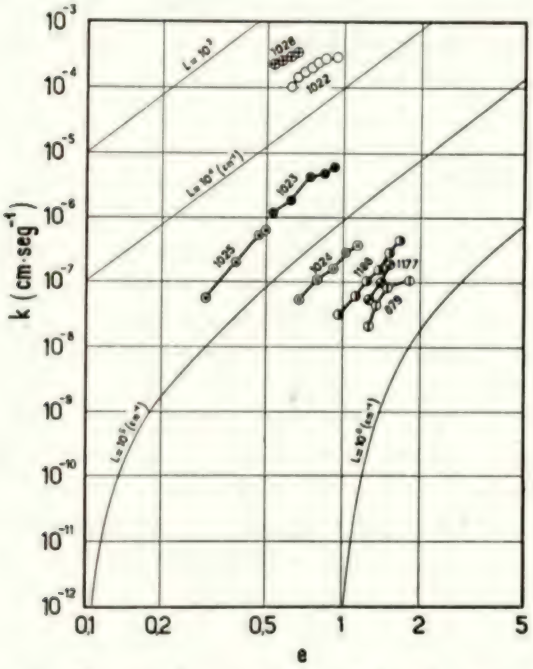



Fig. 7 — Comparação entre os resultados dos ensaios de permeabilidade e a família de curvas representada pela equação (8)

d) **Relações entre o C. B. R. e a percentagem de finos passando no peneiro 200** — No Laboratório de Ensaio de Materiais e Mecânica dos Solos da Direcção de Obras Públicas de Moçambique (África Oriental Portuguesa) tem-se dado particular atenção às relações entre o C. B. R. e a percentagem de finos (x) passados no peneiro 200 (74 $\mu$).

Na fig. 8 apresentam-se os valores do C. B. R. relativos a 444 solos de localizações muito diferentes de toda a Província de Moçambique em função do quadrado da percentagem de finos. Além da sobreposição dos pontos representativos de solos de características semelhantes, nota-se uma correlação dos valores de C. B. R. e o da percentagem de finos. A curva indicada no gráfico, e que foi traçada a sentimento, tem a equação

$$C.\ B.\ R. = \frac{5\,x^4 + 15\,x^2}{100\,x^2 - 1} \qquad (10)$$

Dos resultados experimentais, resulta que, para solos cuja percentagem de finos varie de 0 a 35 por cento, se obtiveram valores de C. B. R. compreendidos entre 8 a 183 %. Trata-se, portanto, de areias e solos arenosos, em que as acções de laterização inerentes às condições tropicais são particularmente intensas. Na realidade, em numerosos dos solos ensaiados em que se encontraram altos valores de C. B. R., verificou-se características de laterizacão acentuada, com altas percentagens de sesquióxidos de ferro e alumínio.

Pode ainda deduzir-se dos resultados apresentados que, para os solos examinados, o C. B. R. mínimo observado não corresponde a argilas puras, mas antes a solos cuja percentagem de finos se situa entre 35 e 55 por cento.

Para solos fortemente argilosos, com percentagem de finos superior a 90 por cento, os valores de C. B. R. observados variaram, apenas, entre 15 e 20 %, com predominância do valor 17 %.

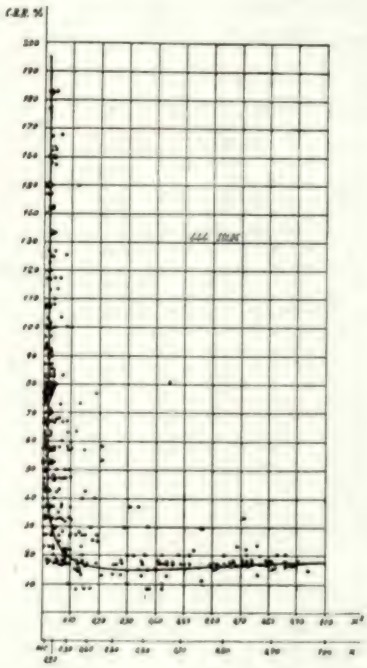


Fig. 8 — Valores do C. B. R. em função do quadrado da percentagem de finos passados no peneiro 200

Uma outra consequência dos fenómenos de laterização reside no facto de que a máxima resistência do solo pode não corresponder à compactação máxima. A compactação adicional de certo número de solos pode mesmo provocar uma quebra apreciável da sua capacidade de carga.

Citamos o caso do aeródromo do Lumbo, situado a cerca de 15º de latitude sul, junto à orla marítima, e cujo estudo para ampliação está sendo levado a cabo no Laboratório. Colheram-se, nas pistas actualmente existentes, sem protecção betuminosa, amostras inalteradas, que foram sujeitas no Laboratório à imersão durante 4 dias, seguida de ensaio de C. B. R.

O ensaio foi em seguida repetido, para o mesmo solo, compactado ao grau óptimo de humidade e densidade máxima (ensaio modificado A. A. S. H. O.). Obtiveram-se assim, em todos os casos, densidades superiores às existentes nas amostras inalteradas. Contudo, as amostras laterizadas acusaram uma quebra do valor C. B. R. O Quadro C dá nota do fenómeno.

Em regra para qualquer tipo de solos, o valor de C. B. R. decresce ràpidamente com o aumento do grau de humidade. Contudo, as experiências em que se basearam estas conclusões foram conduzidas sobre amostras alteradas. O Quadro C mostra que, quando se opera sobre amostras inalteradas comparadas com alteradas, pode dar-se o fenómeno contrário, como é particularmente nítido no caso das amostras 2299 e 2322.

QUADRO C

**Aeródromo do Lumbo**

| N.º da amostra | Classificação textural | Classificação H. R. B. | Compactação modificada A. A. S. H. O. | | Compactação relativa da amostra inalterada | Valor de C. B. R. | | Humidade natural da amostra inalterada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grau de humidade óptimo % | Densidade máxima a seco | | Inalterada | Compactada | |
| 2299 | Areia limosa . | A-2-6 (1) | 10,0 | 2,02 | 87 | 47 | 20 | 16,4 |
| 2304 | Argila . . . . | A-7-6 (14) | 17,1 | 1,78 | 97 | 17 | 15 | 14,0 |
| 2317 | Areia . . . . | A-2-4 (0) | 9,3 | 2,00 | 91 | 43 | 30 | 7,6 |
| 2315 | Areia argilo-limosa . . | A-7-5 (5) | 14,0 | 1,91 | 90 | 27 | 17 | 14,8 |
| 2322 | Areia limosa . | A-2-7 (3) | 10,8 | 2,03 | 89 | 50 | 33 | 13,8 |

Note-se ainda que o grau de humidade, determinado no fim do ensaio C. B. R. portanto ao fim da imersão durante quatro dias, sofreu a variação acusada no Quadro D.

Quer isto dizer que os solos da natureza dos examinados são susceptíveis de absorver uma quantidade muito maior de água do que quando compactados à densidade máxima; e contudo exibiram capacidades de carga bastante superiores.

## 4. ALGUNS EXEMPLOS DO DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS

Em Portugal o dimensionamento dos pavimentos flexíveis tanto de estradas como de aeródromos constitui trabalho de rotina. A J. A. E. dispõe recentemente para esse efeito de laboratórios móveis do tipo representado na foto junta. Utiliza-se principalmente o método do C. B. R. Nas estradas de Moçambique usa-se também o método de Glossop e Golder. Na Metrópole, onde é grande a experiência sobre o comportamento de antigas estradas dimensionadas empìricamente, os resultados da aplicação do método do C. B. R. são temperados com o saber empírico fundamentado em tal experiência.

Seguidamente referem-se alguns exemplos de pavimentos típicos executados em Portugal.

a) **Estrada nas argilas jurássicas das Caldas da Rainha** — Para proceder à grande reparação duma antiga estrada de macadame com revestimento betuminoso fizeram-se estudos tendentes a dimensionar o novo pavimento de acordo com as novas condições de tráfego. Determinou-se o C. B. R. das argilas jurássicas de fundação da estrada atingindo-se valores muito variáveis podendo no entanto considerar-se 7 % como repre-

QUADRO D

**Aeródromo do Lumbo**

| Número da amostra | AMOSTRA INALTERADA | | | AMOSTRA ALTERADA | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Grau de humidade | | Diferença | Grau de humidade | | Diferença |
| | Antes da imersão | Depois da imersão | | Antes da imersão | Depois da imersão | |
| 2299 | 16,4 | 20,3 | 4,3 | 10,0 | 10,3 | 0,3 |
| 2304 | 14,0 | 17,1 | 3,1 | 17,1 | 17,6 | 0,5 |
| 2317 | 7,6 | 17,2 | 9,6 | 9,3 | 9,6 | 0,3 |
| 2315 | 14,8 | 18,4 | 3,6 | 14,0 | 14,4 | 0,4 |
| 2322 | 13,8 | 14,9 | 1,1 | 10,8 | 11,9 | 1,1 |

sentativo. Com base nesse valor a espessura de 35 cm seria suficiente para resistir ao tráfego pesado segundo os diagramas respectivos.

A experiência da região no entanto mostra que pavimentos com essas espessuras têm-se comportado mal, sobretudo por empenarem e assentarem junto das bermas e valetas. Trata-se com efeito dum caso de argilas cuja resistência desce muito quando humedecida pelas valetas e cujas variações volumétricas sazonais atingem amplitudes que se reflectem no pavimento. Têm-se por isso substituído as argilas por uma sub-base de 30 cm de material arenoso.

b) **Estrada EN 6-1 entre os kms 0,740 e 1,235** — Este estudo incidiu sobre uma estrada cujo pavimento era de macadame, com cerca de 0,30 m de espessura, com revestimento betuminoso. O comportamento da estrada tem sido satisfatório para as seguintes intensidades de tráfego (recenseamento do trânsito de 1949/50):

máxima diária: 562 veículos de tracção mecânica
média diária: 441 veículos de tracção mecânica

Os terrenos atravessados são solos argilosos do miocénico, que podem classificar-se no sistema Highway Research Board como A 6 (9).

Conduziram-se sobre o solo de fundação ensaios de C. B. R. com imersão total durante quatro dias obtendo-se o valor de C. B. R. = = 2,5 %.

Para evitar a contaminação da base pela argila do sub-solo e para tornar mais económica a execução do pavimento, ensaiou-se um material de boa qualidade que servisse para a execução de uma sub-base.

Esse material é, na classificação H. R. B. um Al-b (0).

Para o dimensionamento do pavimento usaram-se dois métodos:

— O método de índice de grupo, considerando o trânsito médio (50 a 300 veículos pesados por dia) e adoptando para índices de grupo os valores 9 e 0 respectivamente para o sub-solo e para a sub-base; as espessuras calculadas foram:

espessura total — 46 cm
espessura da base — 23 cm
espessura da sub-base — 23 cm

— O método de C. B. R., para o valor C. B. R. = = 2,5 % e para uma carga de roda 7.000 libras; calculou-se assim a espessura total de 51 cm.

O dimensionamento adoptado foi:

espessura total — 51 cm
espessura da base — 23 cm
espessura da sub-base — 28 cm

c) **Estrada EN 240 entre os kms 15,700 e 30,750** — Este estudo incidiu sobre uma estrada cujo pavimento era de macadame, com espessuras entre 0,15 e 0,40 m, com revestimento betuminoso; um pequeno troço tem calçada de cubos de granito.

A intensidade do trânsito, registada no recenseamento de 1949-50 era a seguinte:

máxima diária: 48 veículos de tracção mecânica
média diária: 30 veículos de tracção mecânica

A prospecção fez-se por 22 furos, geralmente abertos a meio da faixa direita e de preferência nas zonas de escavação. As condições de drenagem do solo são muito variáveis devido à sua natureza e topografia da região, havendo alguns pontos, por vezes próximos da estrada, onde há estagnação de águas. De um modo geral, todos os teores de humidade determinados nos furos de prospecção variavam pouco com a profundidade o que parece indicar um nível freático bastante baixo.

Realizaram-se ensaios de identificação das amostras colhidas, tendo-se a partir dos valores obtidos seleccionado uma amostra para ensaios de compactação.

Sobre a mesma amostra realizaram-se ensaios de C. B. R. com imersão total durante quatro dias, obtendo-se o valor de C. B. R. = 8 %.

Para a sub-base escolheu-se um saibro existente nos taludes de escavação da estrada.

Sobre este saibro realizaram-se ensaios de C. B. R. que deram o resultado C. B. R. = 22 %.

Para o dimensionamento do pavimento usaram-se também dois métodos:

— Método de índice de grupo.

Atendendo aos índices de grupo do solo e do saibro, respectivamente 8 e 0, as espessuras do pavimento deveriam ser (tráfego ligeiro):

| | |
|---|---|
| espessura total | — 34 cm |
| espessura da base | — 15 cm |
| espessura da sub-base | — 19 cm |

— Método de C. B. R.

Atendendo aos valores de C. B. R. do solo e do saibro, respectivamente 8 % e 22 %, as espessuras correspondentes do pavimento para um peso de roda de 9.000 libras deveriam ser:

| | |
|---|---|
| espessura total | — 30 cm |
| espessura da base | — 19 cm |
| espessura da sub-base | — 13 cm |

As espessuras adoptadas (a menos de um pequeno troço particularmente mau) foram:

| | |
|---|---|
| espessura total | — 33 cm |
| espessura da base | — 18 cm |
| espessura da sub-base | — 15 cm |

d) **Estrada Luanda-Catete em Angola (África Ocidental Portuguesa) (6)**— Trata-se duma estrada atravessando na bacia do Quanza uma vasta região de argila terciária. O pavimento, totalizando uma espessura da ordem dos 30 cm, seria suficiente para suportar o tráfego ligeiro servido pela estrada se se tratasse apenas duma questão de resistência mecânica.

Sucede porém que as fortes variações volumétricas das argilas, principalmente nos grandes aterros de alguns metros de altura, têm empenado o pavimento de maneira bastante acentuada.

A protecção das espaldas dos taludes com material arenoso e substituição das argilas da sub-base pelo mesmo material arenoso seriam a solução do problema.

e) **Comportamento de alguns pavimentos de estradas e aeródromos em Moçambique (África Oriental Portuguesa)** — A esmagadora maioria das roturas em pavimentos estabilizados estudada pelo Laboratório de Moçambique deve-se, duma forma ou doutra, à acção da água.

Daí que os trabalhos de drenagem tenham assumido aspectos de importância.

Existe já um certo número de precauções de rotina cuja aplicação tem dado resultados satisfatórios. Assim, no caso de infiltração directa da água das chuvas, esta ou se evita por tapete betuminoso ou se procura minorar nos seus defeitos, o que é conseguido pela utilização dum perfil tipo triangular em que as vertentes da infra-estrutura apresentam 5 ou 4 % de inclinação (conforme as características climáticas), e o próprio pavimento apresenta nas suas vertentes 3 % de declive. Combate-se rigorosamente a tendência dos encarregados da conservação em levantarem as bermas, o que impediria a rápida evacuação para fora da plataforma da água caída, evacuação essa absolutamente essencial.

A infiltração de água através dos lados da plataforma é controlada pela adopção de valetas convenientemente estudadas e com suficientes saídas para evitar acumulação. Utilizam-se aqui também perfis tipos variáveis com a natureza do terreno.

Por vezes é necessário utilizar drenos para desviar águas movendo-se no sub-solo, de forma a não prejudicaram a sub-estrutura.

Nos terrenos de alta sucção, tem-se usado com êxito uma camada de material granular intercalado entre a infra-estrutura e o pavimento, para evitar a subida de água por capilaridade.

Na estrada EN 106 nas baixas do rio Mièze, com infra-estrutura constituída por argilas do tipo «black cotton soil» e suportando intenso tráfego de camiões pesados em certas épocas do ano dimensionou-se o pavimento pelo método de Glossop e Golder. Tratando-se duma solução provisória (a estrada será dentro em breve pavimentada, dentro do Plano de execução), foi achada a espessura de 45 cm para o pavimento. As argilas, cuja resistência ao corte era da ordem de 500 g/cm², correspondentes a um C. B. R. inferior a 5, são susceptíveis de compactação, passando para um C. B. R. de 17.

Assim, o pavimento foi constituído como segue:

Infra-estrutura: o solo natural, depois de executadas alguma operações de drenagem ($S = 0{,}5$ kgc/m², C. B. R. = = 4,7 %).

1.ª camada: sub-base formada por 23 cm de argila compactada em duas camadas ao grau óptimo de Proctor (C. B. R. = 17, L. L. = 89, I. P. = 48).

2.ª camada: sub-base formada por 10 cm de mistura de 15 % de argila com 85 % de areia compactada ao grau óptimo (C. B. R. = 55, L. L. = 33, I. P. = 55).

3.ª camada: base formada por 12 cm de mistura de 10 % de argila com 90 % de areia, compactada ao grau óptimo (C. B. R. = 95, L. L. = = 27, I. P. = 9).

Deste modo um troço de estrada em que todo o material granular lançado (incluindo brita) era pura e simplesmente «engulido», suporta hoje, em plena época das chuvas e em condições razoáveis, um tráfego de camiões pesados carregados, dirigindo-se a Porto Amélia.

Soluções semelhantes vêm sendo adoptadas em outros pontos, nomeadamente na EN 104.

Da experiência da pavimentação com solos lateríticos, parece poder concluir-se que, nas especificações, se poderão admitir valores mais altos do índice de plasticidade, limite de liquidez e percentagem passando no crivo n.º 200 do que com solos ordinários. Esta conclusão, sujeita aliás a revisão, à medida que se vai procedendo a trabalhos precedidos de estudo laboratorial e executados sob controle, é aliás corroborado pela prática do Departamento de Estado da Província do Transval.

f) **Relações entre a resistência in situ e a resistência determinada no Laboratório. Sensibilidade das argilas** — No Laboratório da Direcção de Obras Públicas de Angola, trabalhando em colaboração com os Serviços de Geologia e Minas tem-se dado particular atenção ao estudo da resistência das argilas. No estudo das argilas de fundação da nova ponte sobre o rio N'Gunza, em Novo Redondo, fizeram-se ensaios de compressão simples sobre amostras intactas ($q_u$) e remexidas ($q_r$) para avaliação da respectiva *sensibilidade*, e ensaios de penetração «in situ» com o extractor recomendado por Terzaghi e Peck (3).

Para as amostras remexidas foram determinados dois valores da tensão de rotura: o primeiro ($q_{r1}$) refere-se à resistência da amostra remexida no mesmo grau de deformação correspondente à rotura da amostra intacta; o segundo, o mais correntemente adoptado, ($q_{r2}$) à resistência máxima à compressão da amostra remoldada que corresponde geralmente a uma deformação maior do que a anterior.

No quadro E apresentam-se os resultados das tensões de rotura e das sensibilidades respectivas $\left(S_t = \frac{q_u}{q_r}\right)$. Os valores das tensões de rotura correspondem geralmente à média das duas determinações efectuadas sobre o material de cada extractor.

Assim, estas argilas podem considerar-se com grau de sensibilidade baixo, salvo na amostra C, mas o resultado obtido para esta deve considerar-se anormal em comparação com os valores obtidos para as restantes amostras.

Os ensaios de penetração «in situ» deram resultados que se relacionam com a tensão de rotura na fig. 9. Verifica-se que os valores obtidos no laboratório de $q_u$ são geralmente superiores aos deduzidos da expressão $q_u = N/8$ podendo considerar-se aproximadamente como sendo duplos, pelo que a relação entre o número de pancadas e a resistência à compressão simples obtida no laboratório, seria expressa pela relação $q_u = N/4$.

Estes resultados mais elevados obtidos no laboratório poderiam ser devidos à secagem da

amostra ocorrida posteriormente à data do ensaio de campo; julgamos porém pouco provável esta hipótese dado que a vedação dos topos dos extractores estava bastante bem executada e parecia eficiente. Outra explicação seria a possível remoldagem e alteração do material que

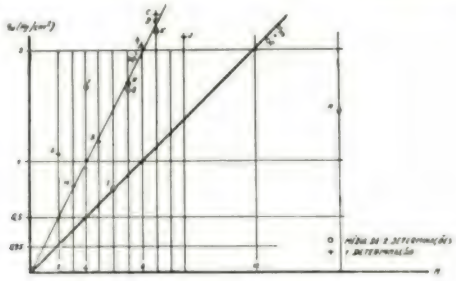


Fig. 9 — Relação entre a tensão de rotura à compressão simples e a resistência à penetração das argilas do Rio N'Gunza em Angola

tenha ocorrido durante a realização do ensaio de penetração, pelo que os valores dados por este corresponderiam não a uma amostra intacta mas sim a uma amostra parcialmente remoldada, ou então que tenha havido introdução de água no furo durante o mesmo ensaio de penetração, ocasionando desta forma o amolecimento do material e portanto mais fácil penetração do extractor.

Estas divergências entre os resultados de laboratório e os de campo serão objecto de investigação realizando no campo, simultâneamente com as sondagens, ensaios de compressão no aparelho de Cooling e Golder.

g) **Pavimento do aeródromo de Alverca nas aluviões do Tejo** — Trata-se dum aeródromo militar construído pela Comissão Executiva das Obras Militares Extraordinárias (CEOME). Os terrenos são constituídos pelos depósitos aluvionares do Tejo. O material predominante é siltoso e argiloso, muito pouco consolidado e de fraca resistência podendo classificar-se como A 7. A intensiva cultura a que tem sido submetido contribui para a sua fraca resistência, quer pela elevada quantidade de matéria orgânica, quer pelo elevado empolamento que daí resulta. Trata-se pois de um terreno de fundação francamente mau, para o qual não se considerou viável conseguir valores de C. B. R. superiores a 5 %.

Com efeito, foram efectuados pela C. E. O. M. E. ensaios de compactação no próprio local visando a possibilidade de efectuar economia no pavimento mediante a compactação do solo natural de fundação durante os meses secos, de molde a elevar o C. B. R., tendo-se concluído não ser isso econòmicamente viável. Por outro lado o valor de C. B. R. determinado no campo sobre o terreno natural antes de coberto pelo pavimento,

QUADRO E

**Tensões de rotura e sensibilidade das argilas do rio N'Gunza em Angola**

| Designação da Amostra | Sondagem | Cota abaixo do Plano de Ref.ª | Amostra intacta $q_u$ kg / cm² | AMOSTRA REMOLDADA | | SENSIBILIDADE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $q_{r1}$ kg / cm² | $q_{r2}$ kg / cm² | $S_{t1}$ | $S_{t2}$ |
| A | $S_1$ | 0,8 | 1,08 | 0,22 | 0,40 | 4,9 | 2,7 |
| M | $S_5$ | 1,5 | 0,75 | 0,22 | 0,29 | 3,4 | 2,6 |
| I | $S_3$ | 2,85 | 0,74 | 0,20 | 0,42 | 3,7 | 1,8 |
| N | $S_5$ | 7,35 | 1,70 | 0,33 | 0,58 | 5,1 | 2,9 |
| F | $S_2$ | 7,4 | 1,67 | 0,42 | 0,56 | 4,0 | 3,0 |
| B | $S_1$ | 9,0 | 1,16 | 0,26 | 0,46 | 4,5 | 2,5 |
| J | $S_3$ | 13,0 | 2,10 | 0,40 | 0,95 | 5,2 | 2,2 |
| C | $S_1$ | 15,8 | 2,30 | 0,50 | 0,58 | 4,6 | 4,0 |
| G | $S_2$ | 17,4 | 1,64 | 0,24 | 0,64 | 6,8 | 2,6 |
| K | $S_3$ | 21,1 | 2,17 | 0,57 | 0,97 | 3,8 | 2,2 |
| D | $S_1$ | 22,0 | 2,27 | 0,47 | 0,86 | 4,8 | 2,6 |
| H | $S_2$ | 28,2 | 1,45 | 0,76 | 1,05 | 1,9 | 1,4 |

corresponde ao terreno com uma humidade menor do que a do terreno depois de coberto pelo pavimento. O C. B. R. que então terá o terreno sob o pavimento será sensìvelmente o que se determine no terreno natural a uma profundidade ligeiramente superior à espessura que vai ter o pavimento, pois que são essas as condições de evaporação e de humidade mais prováveis do solo sob o pavimento.

Mesmo que fosse económico compactar o terreno natural, não se considera prudente admitir que a compacidade assim obtida subsista completamente quando, sob o pavimento, o terreno absorver água e tender a empolar. A compacidade com que o terreno finalmente ficará depende do equilíbrio entre o peso do pavimento e o empolamento por sucção capilar do terreno sob o pavimento.

Resolveu-se por estas razões contar com a resistência do terreno correspondente apenas ao C. B. R. de 5 % terraplanando-o de modo a evitar grandes escavações e construindo sobre ele um pavimento flexível dimensionado pelos ábacos de The Engineer-School (7) e constituído da seguinte maneira:

1.ª camada: camada de saibro proveniente das formações oligocénicas e miocénicas dos contrafortes da margem do Tejo, estabilizado por meios mecânicos, de altura variável conforme o perfil transversal tipo, com o mínimo de 0,20 m. C. B. R. mínimo de 10.
2.ª camada: macadame de 0,25 m de espessura.
3.ª camada: (de desgaste) — tapete de betão betuminoso de 0,05 m de espessura.

Embora as águas subterrâneas se encontrem a pequenas profundidades, inferiores a 2 m, não se considerou aconselhável fazer uma drenagem subterrânea do pavimento por duas razões principais: em primeiro lugar porque foi provado experimentalmente no Laboratório Nacional de Engenharia Civil que acima do nível freático os drenos não têm qualquer acção desde que o terreno seja homogéneo (8); em segundo lugar, porque as valas para a instalação do sistema de drenagens constituem perturbações nos terrenos de fundação que mais tarde ou mais cedo podem vir a reflectir-se no pavimento. Preferiu-se por isso fazer apenas uma drenagem superficial condicionando a rasante das pistas de modo a que as águas fossem escoadas lateralmente pelas abas do pavimento com inclinação de 1,5 %. Este sistema servido por uma rede de colectores garante o escoamento das águas para uma bacia de acumulação junto ao rio para onde serão drenados os caudais acumulados através de comportas funcionando à maré.

h) **Estudo da compactação das areias de dunas do aeródromo de Espinho** — Trata-se doutro aeródromo militar a construir pela C. E. O. M. E. nas areias de dunas marítimas próximo de Espinho.

O fim dos ensaios efectuados pela C. E. O. M. E. consistiu em determinar o número de passagens do material de compactação disponível, de forma a se obterem compactações da ordem de 90, 95 e 100 % da baridade seca do ensaio A. A. S. H. O. modificado.

Para isso limitaram-se faixas com 50 m de comprimento nas quais as areias com espessuras de 15, 30, 45 e 60 cm foram compactadas com um simples tractor D8, com um cilindro de pneus de 13 ton. e com combinações destes sistemas. Dos ensaios efectuados tiraram-se as seguintes conclusões:

— A densidade do terreno natural, sem qualquer compactação é superior a 90 % da A. A. S. H. O. modificada.
— A compactação de 95 % a profundidades da ordem de 30 cm pode obter-se por meio de 6 passagens do tractor D8 com o terreno à humidade óptima.
— A compactação de 95 % a profundidades da ordem de 60 cm obteve-se com 16 passagens do tractor D8 e com o terreno no teor óptimo da humidade.
— Não foi possível obter a compactação de 100 % nas camadas superficiais dada a falta de coesão das areias.
— Para o mesmo número de passagens obtêm-se maiores densidades a profundidades da ordem de 30 cm do que à superfície, facto que se deve interpretar como resultado de estarem impossibilitadas de deslocações laterais as partículas do terreno sobre as quais incide a energia de compactação.
— Admite-se que após a compactação da primeira camada da macadame do pavimento

as areias superficiais ultrapassem os 95 % de densidade aproximando-se mesmo dos 100 %.

## 5. SUGESTÕES PARA A SÍNTESE DOS MÉTODOS RELATIVOS AOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS.

No Laboratório Nacional de Engenharia Civi continuam em curso os estudos tendentes a uma melhor definição da capacidade de carga dos pavimentos de estradas e aeródromos.

As notas que se seguem resumem o estado actual desses estudos.

a) **Generalidades** — Adopta-se como critério de definição da capacidade de carga, em primeiro lugar, o assentamento que a roda produz no pavimento, e em segundo lugar as tensões geradas no solo de fundação e no pavimento. Para relacionar os vários parâmetros em jogo fazem-se hipóteses simplificativas do tipo das que se fazem na resistência de materiais e que permitem o cálculo expedito de estruturas sem o recurso às complicadas expressões da teoria da elasticidade.

Sabe-se que entre uma carga que carregue um terreno de fundação por intermédio duma área de contacto circular de diâmetro $d$ e o assentamento $\delta$ que ela produz há a relação que se considera suficientemente aproximada:

$$\delta = \frac{\sigma \cdot d}{E_f} \qquad (11)$$

onde

$$\sigma = \frac{4\,Q}{\pi\, d^2} \qquad (12)$$

é a tensão média de contacto entre a roda e o terreno e $E_f$ é o *módulo de resistência do terreno*, dado pela relação

$$E_f = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad (13)$$

entre a tensão ($\sigma$) e a extensão ou deformação unitária ($\varepsilon$) que ela provoca e que se supõe aproximadamente dada pela relação

$$\varepsilon = \frac{\delta}{d} \qquad (14)$$

Este módulo de resistência mede-se num ensaio de carga sobre placa circular, no campo sobre o próprio terreno ou no laboratório sobre modelo. Tratando-se de material elástico é evidentemente o módulo de elasticidade; tratando-se de material plástico, como os solos em geral, é uma relação entre tensões e deformações muito adequada a estes cálculos. Como porém a curva de carga não é uma recta, o módulo de resistência variará com a tensão que se considere; adoptaremos o módulo de elasticidade correspondente à tensão de segurança ($\sigma_s$) dada pela relação entre a tensão de rotura ($\sigma_r$) e o coeficiente de segurança (S)

$$\sigma_s = \frac{\sigma_r}{S} \qquad (15)$$

Quando S é igual ou maior que 3 o comportamento dos solos é muito aproximadamente elástico, isto é, as suas deformações são quase totalmente reversíveis.

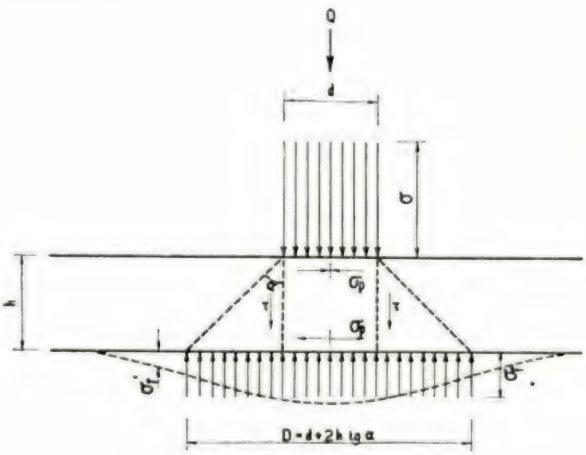



Fig. 10 — Tensões no solo de fundação ($\sigma_f$) e no pavimento ($\sigma_p$ e $\sigma_\tau$) provocadas por uma carga (Q)

Consideremos na fig. 10 um pavimento de espessura h transmitindo a carga Q duma roda a um terreno homogéneo de módulo de resistência $E_f$. As tensões ($\sigma'_f$) no plano de contacto entre o pavimento e o solo de fundação distribuem-se segundo uma lei que depende principalmente da relação($E_p$ / $E_f$) entre os módulos de elasticidade ou de resistência do pavimento ($E_p$) e da funda-

# Um produto 100% Nacional, novo... MAS JÁ FAMOSO!

METAL DURO
CARBONETO DE TUNGSTÉNIO
DA MARCA
M.M.

FABRICAÇÃO DE BARRENAS DE MINAS, BITS DIVERSOS, FERROS DE TORNO, FIEIRAS, ETC.

★ TEMOS PERITOS DE PERFURAÇÃO E UMA SECÇÃO DE ENSAIOS À VOSSA DISPOSIÇÃO

★ REPRESENTANTES DE MATERIAL PARA MINAS E EMPREITADAS

APESAR DE MAIS BARATOS, OS NOSSOS PRODUTOS NÃO TEMEM O CONFRONTO EM QUALIDADE COM OS DAS MELHORES MARCAS ESTRANGEIRAS

## MINAS E METALURGIA
S.A.R.L.

SERVIÇOS COMERCIAIS: RUA VÍTOR CORDON, 19
TELEF. 30718/6/7 • TELEG. COMIN • LISBOA

FÁBRICA: ALBERGARIA-A-NOVA

ARTISTAS REUNIDOS

TELEFONE
710619 PPC
END. TEL.
EMECIL
CÓDIGOS
A. B. C.
5.ª EDIÇÃO
BENTLEY'S

EMPREENDIMENTOS

# MECÂNO-CIVIS, L.DA

RUA SOARES DOS REIS, 46 a 76 e RUA DA RASA, 59 a 71

**VILA NOVA DE GAIA (Portugal)**

## ALGUMAS OBRAS EXECUTADAS:

— Grade de vedação em ferro forjado do Hospital Escolar de Lisboa;

— Serralharias especiais do Hospital Escolar do Porto: portões da Entrada Principal e da Faculdade de Medicina, portas electro-comandadas dos Serviços de Urgência e de Doentes, janelões duplos do Bloco Operatório e Sala de Operações das Clínicas Especiais;

— Caixilharia em liga especial de alumínio na cúpula da Nave Central do Palácio de Cristal no Porto;

— Caixilharia em perfis especiais de ferro, para o Centro Militar da Amadora;

— Caixilharia para o Laboratório de Ensaios da Secil, no Outão;

— Fornecimento e montagem de portas-fortes nas Filiais e Agências da Caixa Geral de Depósitos Crédito e Previdência;

— Fornecimento e montagem de portas-fortes para os Serviços de Finanças de Luanda;

— Fornecimento de cofres-fortes especiais para os Arquivos da Casa da Moeda;

— Fornecimento e montagem de queimadores de óleos para as cosinhas dos Regimentos de Artilharia 2, em Coimbra e de Infantaria em Leiria;

— Fornecimento e montagem de queimadores de óleos para os auto-claves do Hospital-Colónia Rovisco Pais;

— Caixilharia em perfis especiais de ferro e portas metálicas no Hospital da Marinha;

— Fornecimento e montagem de máquinas para a padaria na obra da Barragem do Picote-Hidroeléctrica do Douro.

— Fornecimento e montagem de uma báscula para 30 toneladas nos Estaleiros da Barragem da Bouçã;

— Fornecimento e montagem de portas-fortes especiais para os Arquivos da Câmara Municipal do Porto.

ção ($E_f$). Na fig. 11 traçam-se as curvas de distribuição das tensões $\sigma'_f$ com base nos cálculos de Fox pelo método de relaxação (9).

O integral da tensão ($\sigma'_f$) ao longo da superfície de contacto do pavimento com o solo é, evidentemente, igual à carga da roda (Q). Fazendo a simplificação (fig. 10) de substituir a tensão variável ($\sigma'_f$) pela tensão média ($\sigma_f$), esta distribuir-se-á uniformemente por um círculo de contacto de diâmetro D tal que

$$\sigma_f = \frac{4\,Q}{\pi\,D^2} \qquad (16)$$

A relação entre os diâmetros (d) e (D) pode ser estabelecida por intermédio do ângulo ($\alpha$) geralmente designado por *ângulo de distribuição das cargas*

$$D = d\left(1 + 2\,\frac{h}{d}\,\mathrm{tg}\,\alpha\right) \qquad (17)$$

Este ângulo ($\alpha$) será tanto maior quanto maior for a rigidez do pavimento relativamente ao terreno de fundação.

Para se simplificar a resolução do problema estabeleçamos a seguinte equivalência aproximada entre a relação $E_p/E_f$ e o ângulo $\alpha$ com base nas curvas de Fox da fig. 11.

| $E_p/E_f$ | $\alpha$ |
|---|---|
| 1 | 30° |
| 10 | 45° |
| 100 | 60° |
| 1000 | 75° |

O assentamento ($\delta_p$) sofrido pelo pavimento será a soma do assentamento experimentado pelo pavimento de altura h com o assentamento do solo de fundação. Como o primeiro é geralmente muito pequeno em face do segundo, desprezá-lo-emos considerando que todo o assentamento é devido ao solo de fundação.

Aplicando a eq. (11) à carga sobre o terreno de fundação do pavimento distribuída segundo o diâmetro D com a tensão $\sigma_f$ (fig. 10) tem-se o seguinte valor do assentamento do pavimento ($\delta_p$)

$$\delta_p = \frac{\sigma_f \,.\, D}{E_f} \qquad (18)$$

ou, atendendo ao valor de D dado pela eq. (23) e à relação entre $\sigma_f$ e $\sigma$

$$\sigma \,.\, d^2 = \sigma_f \,.\, D^2 \qquad (19)$$

teremos

$$\delta_p = \frac{\sigma \,.\, d}{E} \qquad (20)$$

sendo (E) o módulo de resistência do sistema constituído pelo pavimento e respectivo solo de fundação, dado pela expressão

$$E = E_f\left(1 + 2\,\frac{h}{d}\,\mathrm{tg}\,\alpha\right) \qquad (21)$$

Donde o seguinte coeficiente

$$C = \frac{E}{E_f} = 1 + 2\,\frac{h}{d}\,\mathrm{tg}\,\alpha \qquad (22)$$

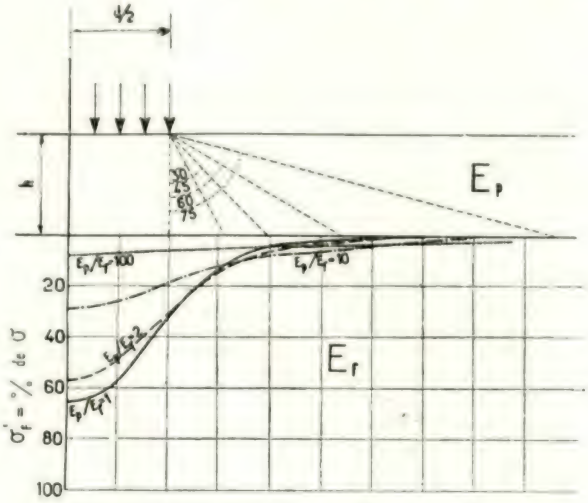



Fig. 11 — Distribuição das tensões sob um pavimento segundo Fox (9)

A limitação do assentamento do pavimento ($\delta_p$) a um dado valor máximo compatível com a utilização do tráfego permitirá pela eq. (20), conhecidas as características $\sigma$ e d da roda, determinar o valor de E requerido. A eq. (21) permitirá então determinar a espessura de pavimento (h) necessária para, em função das características elásticas do pavimento ($E_p/E_f$ ou $\alpha$), se atingir o pretendido valor de E.

Burmister fixou arbitràriamente $\delta_p$ em 0,5 cm (0,2") ; no entanto parece-nos mais razoável que o valor máximo de $\delta_p$ seja proporcional ao diâmetro da área de contacto visto que há semelhança geométrica entre as grandezas (d e $\delta_p$) que intervêm no fenómeno. Fixando como primeira base de cálculo que o máximo valor de $\delta_p$ é $^1/_{50}$ do diâmetro

$$\delta_p < \frac{d}{50} \qquad (23)$$

ter-se-á, substituindo na eq. (20)

$$E \geqslant 50\,\sigma \qquad (24)$$

que traduzirá a condição de deformabilidade do pavimento.

Esta condição de deformabilidade do pavimento não impede porém que se atinjam tensões superiores às tensões de segurança quer na fundação quer no pavimento. Impõe-se pois calcular essas tensões para que assim se possa dimensionar o pavimento de modo a limitar os seus valores dentro de adequados coeficientes de segurança.

A tensão ($\sigma_f$) na fundação calcula-se fàcilmente conhecendo a relação ($C_f = \sigma_f / \sigma$) cujo valor se deduz fàcilmente das eq. (19) e (17)

$$C_f = \frac{\sigma_f}{\sigma} = \frac{1}{\left(1 + 2\,\frac{h}{d}\,\mathrm{tg}\,\alpha\right)^2} = \frac{1}{C^2} \qquad (25)$$

As tensões de flexão no pavimento ($\sigma_p$) poderão calcular-se aproximadamente supondo como consola submetida à carga uniforme $\sigma_f$ a coroa circular do pavimento de vão

$$\frac{D-d}{2} = h\ \mathrm{tg}\,\alpha \qquad (26)$$

A teoria da flexão simples dá fàcilmente a tensão de flexão

$$\sigma_p = 3\,.\,\sigma_f\,.\,\mathrm{tg}^2\,\alpha \qquad (27)$$

donde, conjugada com a eq. (25), resulta a relação

$$C_p = \frac{\sigma_p}{\sigma} = 3\,.\,C_f\,.\,\mathrm{tg}^2\,\alpha \qquad (28)$$

A tensão de corte ($\tau$) no pavimento ao longo do perímetro de área de contacto da carga Q será dada aproximadamente pela relação

$$\tau = \frac{\frac{\pi\,d^2}{4}\,(\sigma - \sigma_f)}{\pi\,d\,h} = \frac{\sigma - \sigma_f}{4\,\frac{h}{d}} \qquad (29)$$

Atendendo à eq. (25) pode escrever-se a relação

$$C_\tau = \frac{\tau}{\sigma} = \frac{1 - C_f}{4\,\frac{h}{d}} \qquad (30)$$

Com base nestas expressões podem traçar-se diagramas que dão os coeficientes $C_f$, $C_p$ e C em função de h/d.

b) **Aplicação**—Apliquemos este método de cálculo a cinco rodas usualmente consideradas como representativas do tráfego em estradas e aeródromos. No Quadro F apresentam-se as principais características dessas rodas.

Supõe-se em primeira aproximação que a tensão média de contacto ($\sigma$) da roda com o pavimento é igual à pressão de enchimento de pneu. O diâmetro da área de contacto será então

$$d = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi\,\sigma}} = 1{,}13\,\sqrt{\frac{Q}{\sigma}} \qquad (31)$$

Fazendo os cálculos numéricos que a partir da eq. (22) permitem deduzir a espessura do pavimento necessária para que o assentamento seja d/50 (eq. 23), ou seja, para que o módulo de resistência do pavimento seja $50\,\sigma$ (eq. 24), e considerando três tipos de pavimento de rigidez crescente 1.000, 10.000 e 100.000 kg/cm², podem traçar-se nas figs. 12, 13 e 14 as curvas que dão

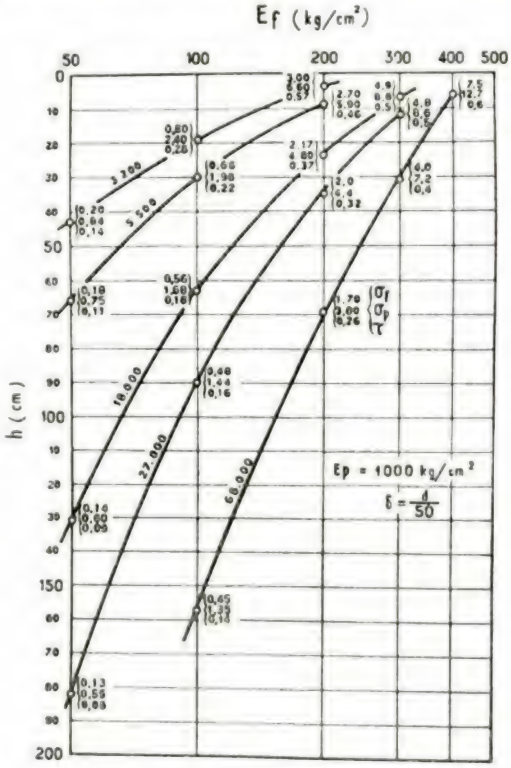



Fig. 12 — Espessura do pavimento de módulo de elasticidade ou resistência $E_p$ = 1.000 kg/cm² necessárias para suportarem cargas com assentamento inferior a 1/50 do diâmetro da área de contacto

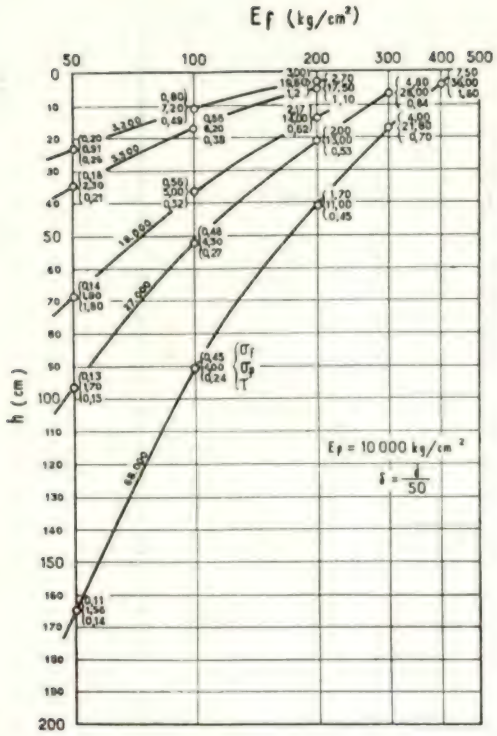



Fig. 13 — Espessura do pavimento de módulo de elasticidade ou resistência $E_p = 10.000$ kg/cm² necessárias para suportarem cargas com assentamento inferior a 1/50 do diâmetro da área de contacto

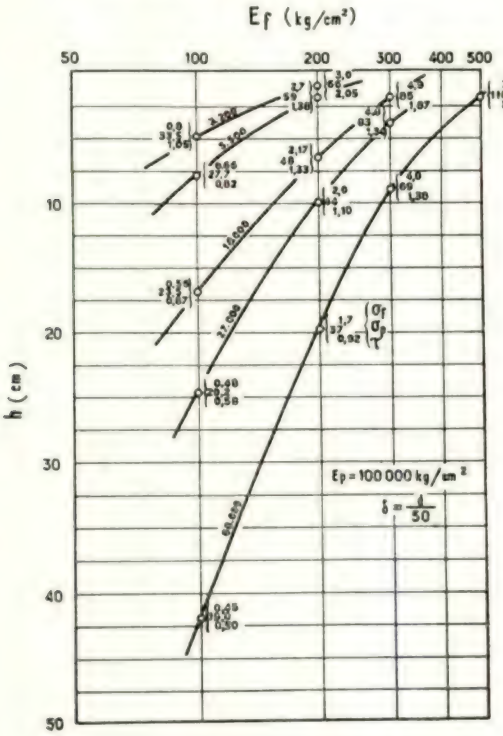



Fig. 14 — Espessura do pavimento de módulo de elasticidade ou resistência $E_p = 100.000$ kg/cm² necessárias para suportarem cargas com assentamento inferior a 1/50 do diâmetro da área de contacto

a espessura do pavimento (h) em função da resistência do terreno.

Calculando pelas eq. (9), (12) e (14) as tensões na fundação ($\sigma_f$) de flexão ($\sigma_p$) e de corte ($\tau$) no pavimento para os mesmos pontos das figs, 12, 13 e 14, obtém-se assim nessas mesmas figuras um panorama geral do sentido de variação dos principais parâmetros que intervêm no problema.

Vejamos porém os problemas que se levantam ao fixar os principais parâmetros do dimensionamento que são o assentamento, a resistência do terreno de fundação e a resistência do pavimento.

O assentamento ($\delta$) produzido pela primeira carga será imposto por conveniência do tráfego num valor fixo, mais ou menos arbitrário independente das dimensões da área de contacto (eq. 23). Há porém que ter também em conta o aumento do assentamento produzido pelas repetidas cargas do tráfego.

Sabe-se porém, pelos trabalhos de Mc Leod, que o assentamento $\delta_n$ dum pavimento submetido à mesma carga repetida (n) vezes está relacionado com o assentamento ($\delta$) produzido pela primeira carga por uma lei aproximadamente do seguinte tipo (2)

$$\delta_n = \delta\ (1 + a \log n) \qquad (32)$$

Como o comportamento dos solos é tanto mais elástico e portanto reversível quanto menor é a tensão a que se submete, o coeficiente (a) a que chamamos *coeficiente de assentamento* (2) será tanto menor quanto menor for a tensão e anular-se-á para os pavimentos totalmente elásticos ou submetidos a tensões muito pequenas. Adoptando para as deformações o mesmo coeficiente de segurança (S) que se adoptou para as tensões (eq. 15), isto é, supondo que a deformação ($\delta_n$) é a deformação de rotura do pavimento e que a deformação ($\delta$) é a deformação de segurança, tem-se a eq. (32) sob a seguinte forma

$$\frac{\delta_n}{\delta} = 1 + a \log n = S \qquad (33)$$

donde se tira, para S = 3,

$$a = \frac{2}{\log n} \qquad (34)$$

Ao determinar-se por meio de ensaio de carga sobre placa o módulo de resistência do terreno de fundação convirá fazer dez repetições da carga a duas tensões ($\sigma_1$ e $\sigma_2$) vizinhas da tensão de utilização para assim, pela eq. (32), se determi-

QUADRO F

**Principais características de algumas rodas representativas do tráfego em estradas e aeródromos**

| | Q (kg) | $\sigma$ (kg/cm²) | $S = \frac{Q}{\sigma}$ (cm²) | $d = 1{,}13\sqrt{\frac{Q}{6}}$ (cm) | $Q \cdot \sigma$ kg²/cm² | $\sigma \cdot d$ kg/cm | $E = \frac{\sigma \cdot d}{\delta} = 50 \cdot \sigma$ kg/cm² | L. C. N. (1) | $\delta = \frac{d}{50}$ (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estradas (Tráf. ligeiro) | 3.200 (7.000 p) | 5 (70 psi) | 640 (100 si) | 25 (10″) | 16.000 | 125 | 250 | 7 | 0,5 |
| Estradas (Tráf. pesado | 5.500 (12.000 p) | 6 (85 psi) | 920 (140 si) | 30 (12″) | 33.000 | 180 | 300 | 13 | 0,6 |
| Aeródromos . . . . | 18.000 (40.000 p) | 7 (100 psi) | 2.570 (400 si) | 50 (20″) | 126.000 | 350 | 350 | 42 | 1,0 |
| | 27.000 (60.000 p) | 8 (110 psi) | 3.370 (550 si) | 60 (24″) | 216.000 | 480 | 400 | 62 | 1,2 |
| | 68.000 (150.000 p) | 9 (130 psi) | 7.600 (1.160 si) | 90 (36″) | 612.000 | 810 | 450 | 140 | 1,8 |

(1) — «Load Classification Number» U. S. Corps of Engineers.

narem os correspondentes valores do coeficiente de assentamento ($a_1$ e $a_2$). Marcando tais valores num diagrama (fig. 15) em que a tensão de ensaio ($\sigma$), é relacionada com (a) e com (n) por intermédio da eq. (33), obtém-se por interpolação linear o valor da tensão de segurança correspondente ao número de cargas previstas para a vida do pavimento. A relação entre o número (n) e a intensidade do tráfego e duração do pavimento constitui porém problema cuja solução satisfatória só poderá ser alcançada por observação sistemática da utilização e comportamento de obras existentes. É este um dos pontos merecedores de interesse em futuros estudos. Parece no entanto que se pode formular o problema da seguinte maneira.

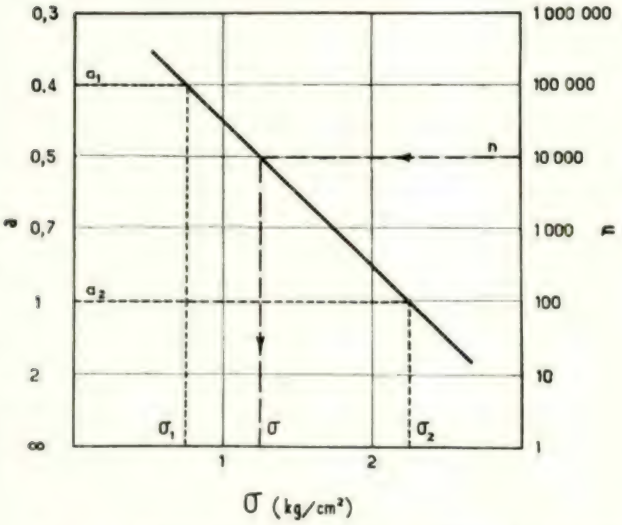



Fig. 15 — Determinação da tensão de serviço $\sigma$ a que deve trabalhar o terreno de fundação dum pavimento para (n) cargas, por interpolação gráfica com base em ensaio de cargas repetidas de $\sigma_1$ e $\sigma_2$

Seja (v) o número médio de veículos por dia a que está submetida uma faixa de estrada com a largura da ordem dos 3,00 a 3,50 m. Seja (f) a frequência máxima com que as rodas carregam uma pequena faixa parcial com a largura (d) da área de contacto das rodas; e seja (m) a frequência com que no número de veículos (v) passam os veículos que dão a carga máxima para que a faixa é destinada. Sendo (D) a duração em anos prevista para o pavimento, ter-se-á que o número de cargas máximas (n) a suportar pelo pavimento será

$$n = 365\ f\ m\ v\ D \qquad (35)$$

Supondo, para fixar ideias, que $f = 0{,}5$ e $m = 0{,}5$, ter-se-á aproximadamente

$$n = 100\ v\ D \qquad (36)$$

Quer dizer, o pavimento duma estrada com o tráfego médio de $v = 1.000$ veículos por dia é carregado pela carga máxima $n_a = 100.000$ vezes por ano.

Para uma duração de 10 anos, ter-se-á aproximadamente

$$n = 1.000\ v \qquad (37)$$

Com base nesta expressão pode estabelecer-se no Quadro G a seguinte equivalência entre a intensidade do tráfego (v) e o número de cargas (n) e o coeficiente de assentamento (a).

Vejamos agora a resistência do terreno de fundação.

Na fig. 16 traçou-se o diagrama padrão do ensaio de carga C. B. R. (C. B. R. = 100) marcando tensões ($\sigma_r$) em função da relação $\varepsilon = \delta/d$ que representa o que podemos considerar a extensão.

A definição da tensão de rotura obtida desta maneira em materiais plásticos é essencialmente arbitrária; não se vê pois qualquer inconveniente em considerar como tensão de rotura da curva padrão ($\sigma_{ro} = 70$ kg/cm²) a tensão correpondente

QUADRO G

**Tráfego e suas características**

| Intensidade do tráfego numa faixa | v | n | a |
|---|---|---|---|
| Baixa . . . . . | 0 a 100 | 0 a 100.000 | 1 a 0,40 |
| Média . . . . . | 100 a 1.000 | 100.000 a 1.000.000 | 0,40 a 0,33 |
| Alta . . . . . | > 1.000 | > 1.000.000 | < 0,33 |

ao assentamento $\delta = 0{,}25$ cm ($\varepsilon = 0{,}05$) para que é definido o C. B. R. A tensão de segurança à roda de $S = 3$ será pois da ordem de $\sigma_{so} = 20$ kg/cm² e a extensão correspondente da ordem de 0,01. O módulo de resistência do material padrão (C. B. R. = 100) à tensão de segurança, tal como atrás se definiu, terá pois o valor

$$E_{fo} = \frac{\sigma_o}{\varepsilon} = \frac{20}{0{,}01} = 2.000 \text{ kg/cm}^2$$

Admitindo em primeira aproximação que a relação das tensões da curva de carga de qualquer outro material para a curva padrão é constante e igual ao C. B. R. do respectivo material, isto é, que

$$\sigma_s = \sigma_o \frac{\text{C. B. R.}}{100} = 0{,}2 \text{ C. B. R} \qquad (38)$$

Ter-se-á que o respectivo módulo de resistência ($E_f$) terá o seguinte valor

$$E_f = E_{fo} \frac{\text{C. B. R.}}{100} = 20 \text{ C. B. R.} \qquad (39)$$

Na fig. 16 põem-se em paralelo três escalas que dão a equivalência entre C. B. R. e $E_f$ segundo as eq. (38) e (35).

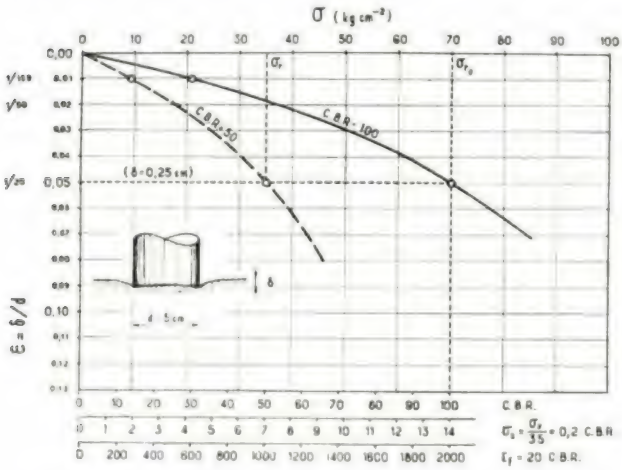



Fig. 16 — Diagramas de carga do ensaio C. B. R. pelos quais se podem estabelecer relações aproximadas entre o C. B. R. e as tensões de rotura ($\sigma_r$), de segurança ($\sigma_s$) e o módulo de resistência ($E_F$)

Na fig. 17 apresentam-se, num ábaco que relaciona também C. B. R., $E_f$ e $\sigma_s$, alguns valores experimentais obtidos em alguns terrenos portugueses típicos. Verifica-se que os valores de $E_f$ obtidos por ensaios edométricos são menores do que os previstos com base no C. B. R. A principal razão disso deve ser a de que uma simples carga de consolidação à tensão de 10 kg/cm² (condições em que foram feitos ensaios), não permite atingir as compacidades e portanto as resistências que se obtêm com a compactação pesada utilizada nos ensaios C. B. R. Os restantes ensaios são em muito pequeno número e feitos em condições muito diversas para que possam constituir garantia de confirmação ou contestação das relações que se pretendem. No entanto os resultados obtidos e o conjunto de conhecimentos inerentes à sua obtenção leva-nos a persistir nesta orientação procurando ampliar o número dos valores experimentais.

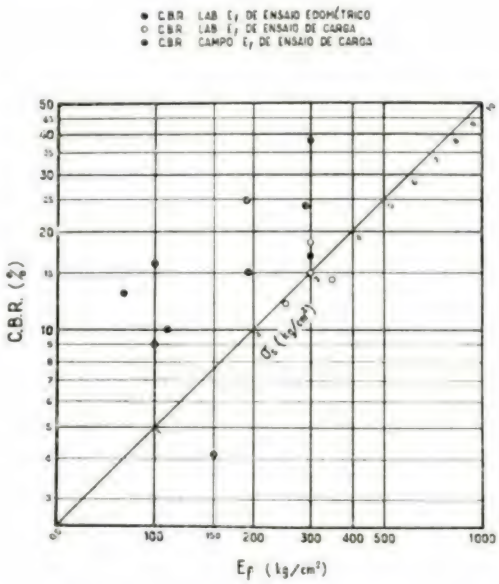



Fig. 17 — Relações gráficas entre C. B. R., módulo de resistência ($E_F$) e tensão de segurança ($\sigma_S$) comparados com alguns resultados experimentais de C. B. R. e ($E_F$)

Consideremos finalmente a resistência do pavimento.

Para os pavimentos rígidos, de módulo de elasticidade ($E_p$) da ordem dos 100.000 kg/cm², é usual especificar a resistência pela carga de rotura à compressão simples ou à flexão; para os pavimentos flexíveis, constituídos por materiais plásticos, é usual recorrer-se ao C. B. R., ás cargas de rotura por compressão simples ou pelo método Marshall.

O conhecimento do módulo de elasticidade ou de resistência é, como se viu anteriormente, indispensável para o dimensionamento do pavi-

mento, visto que sem tal valor se desconhece o ângulo ($\alpha$) de distribuição das cargas na fundação. Para o betão de cimento que constitui os pavimentos rígidos tal valor determina-se com toda a facilidade pelo ensaio à compressão simples. Para os materiais plásticos que constituem os pavimentos flexíveis é muitas vezes impraticável para tal efeito o ensaio de compressão simples; e no ensaio Marshall a complexidade do estado de tensão a que as meias canas submetem o provete não permitem uma clara dedução do valor do módulo de resistência. O ensaio C. B. R., por meio da relação expressa na eq. (39), já permite com suficiente aproximação a dedução do valor de $E_f$, e tem além disso a vantagem de se poder efectuar sobre qualquer material, quer elástico quer plástico; parece pois o ensaio mais indicado para a avaliação do módulo de resistência ou de elasticidade em qualquer material, quer seja plástico ou elástico.

Outro parâmetro fundamental é a tensão de rotura para em relação a ela se estabelecer a tensão de segurança. A compressão simples, embora realize no provete um estado de tensão muito claro, tem o inconveniente de ser de realização muito difícil ou mesmo impossível para materiais pouco resistentes. A compressão triaxial é experimentalmente muito morosa e complexa. A compressão pelo método Marshall, embora muito simples e expedita, não parece fàcilmente generalizável aos betões de cimento e aos materiais incoerentes. Resta o ensaio de penetração como mais adaptável do ponto de vista experimental a todos os tipos de materiais. Tem além disso a vantagem de beneficiar da grande experiência do ensaio C. B. R. e de, em fase elástica, submeter o provete a um estado de tensão dominado pela teoria da elasticidade.

Os estudos sobre modelo em curso no Laboratório Nacional de Engenharia Civil permitirão segundo se julga o esclarecimento experimental deste assunto.

## B — **Estabilização de solos**

### 1. ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS

Em Portugal é ainda pequena a experiência na estabilização de solos. O solo-cimento foi no entanto utilizado com bom resultado no Aeródromo do Montijo e recentemente está em estudo a estabilização do pavimento em saibro granítico duma estrada na Serra da Estrela. Devido à natureza do terreno e aos grandes declives da própria estrada o pavimento sofre uma intensa erosão das águas pluviais na estação invernosa e na altura do degelo. Para prevenir essa erosão pretende-se entre outras soluções tentar uma estabilização dos saibros com «cut-back». Nos estudos laboratoriais efectuados utilizaram-se os ensaios de Hubbard-Field, e concluiu-se como de tentar as primeiras experiências no local tratando os saibros com 4,5 % de «cut-back» do tipo 10/15 das especificações francesas.

No Ultramar, principalmente em Moçambique, recorre-se principalmente à estabilização mecânica e ao solo-cimento. A estabilização com betuminosos é excepcional, devido ao elevado custo dos ligantes, que são reservados para a constituição dos tapetes.

No Laboratório Nacional de Engenharia Civil estão-se porém fazendo algumas tentativas para utilizar a rocha asfáltica de Angola (calcários com cerca de 15 a 20 % de betume) na estabilização dos solos diluindo-a em petróleo ou gasóil e formando assim um «cut-back» filerizado.

No Laboratório de Moçambique, P. P. dos Santos (2) vem há já alguns anos promovendo investigações visando uma melhor compreensão dos fenómenos de estabilização. Tais investigações foram iniciadas pelo estudo da variação dos limites de Atterberg e índice de plasticidade de misturas de solos em função da percentagem da mistura. Foi possível mesmo estabelecer uma expressão analítica geral traduzindo essa variação. Ficou assim aberto o caminho para o traçado analítico dos diagramas de Hoggentogler e Bonnenfant e sua extensão para o lado das areias; por outro lado, por mistura com uma argila padrão, podem também determinar-se os valores dos limites de Atterberg nas areias, embora fora do seu significado físico.

As equações assim obtidas foram posteriormente deduzidas teòricamente como consequência da existência duma correlação estatística entre os limites líquido e índice de plasticidade e uma característica granulométrica (t) dada pela expressão

$$t = \frac{x}{a}$$

em que (x) é a percentagem de finos (passando no crivo 200) e (a) a constante granulométrica,

introduzida por P. P. Santos, dependendo da granulometria da fracção areia do solo e provàvelmente relacionada com a superfície específica.

O estado da investigação na altura do Congresso de Zurich foi exposto num trabalho do autor (2) no qual se faz referência a algumas possíveis aplicações da correlação assim estabelecida, nomeadamente quanto à classificação de solos e características dos solos utilizáveis na estabilização.

Reconheceu-se a existência duma correlação entre a *actividade* das argilas no sentido de Skempton (I. P./percentagem 0,002 mm), e o valor I. P./a, sendo (a) a constante anteriormente referida. A fig. 18 representa o gráfico apresentado durante as discussões no Congresso de Zurich e que se refere a dados colhidos em 279 argilas moçambicanas.

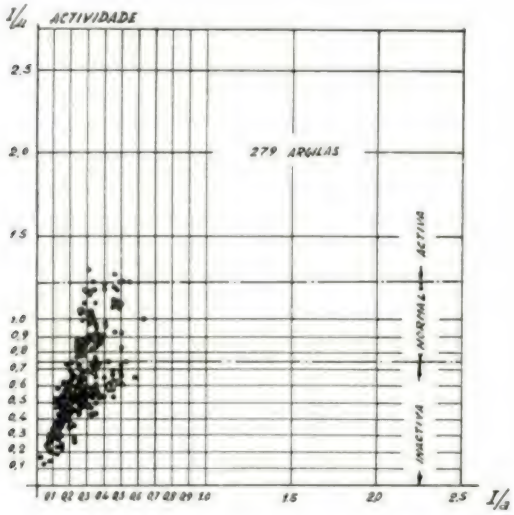



Fig. 18 — Relação entre a *actividade* das argilas no sentido de Skempton e o valor do I. P./a

O prosseguimento da investigação levou à evidência da existência duma relação bem definida entre (t) e (x), que é aparente na fig. 19, representativa de valores de 1029 solos de diferente origem e localização em Moçambique.

Esta relação é susceptível de ser descrita, satisfatòriamente, pela equação

$$t = x^3 - 2x^2 + 2x \qquad (36)$$

Deve notar-se que os pontos acusando dispersão apreciável representam cascalho, em que a determinação de finos é difícil e, por vezes, incerta.

Assim, conhecida a percentagem de finos (passando no crivo 200), dispõe-se imediatamente do valor de (t) que por sua vez comanda os valores de L. L. e I. P.

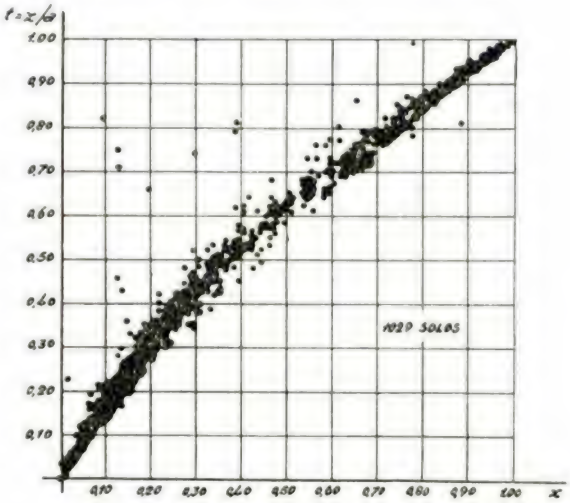



Fig. 19 — Relação entre (t) e (x) referente a 1029 solos de diferente origem e localização em Moçambique

Mas, como $t = x/a$, resulta que a constante (a) deva igualmente estar relacionada com (x).

O gráfico da fig. 20 representa, para 1029 solos, a relação entre (x) e (a). Está-se actualmente procedendo ao estudo estatístico dos dados deste gráfico a fim de os comparar com as equações deduzidas analìticamente da eq. (34).

Embora ainda não tenha sido possível tirar todas as conclusões possíveis destes resultados recentes, parece evidente a conclusão de que a constante (a), apenas ligada à granulometria da

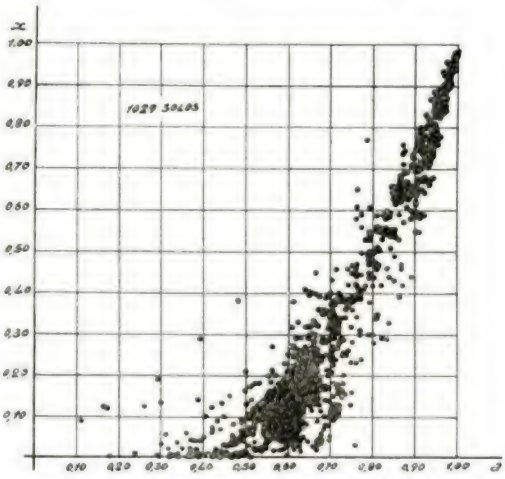
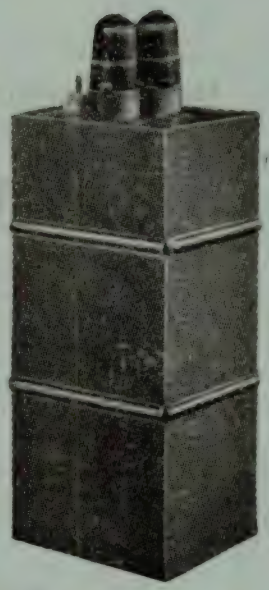



Fig. 20 — Relação entre (x) e (a) para os mesmos 1029 solos de Moçambique

# Condensadores Industriais

PARA CORRIGIR O FACTOR DE POTÊNCIA, SATISFAZENDO AS EXIGÊNCIAS DOS DISTRIBUIDORES DE CORRENTE



**EM ARMAZÉM PARA ENTREGA IMEDIATA**

**REDUÇÃO** do custo da primeira instalação
das quedas de tensão
das perdas de «joule»

Maior binário de arranque dos motores assíncronos

CONSULTE A

# PHILIPS

**TERÁ O SEU CASO ESTUDADO EM DETALHE**

PHILIPS PORTUGUESA, S. A. R. L.

SECÇÃO INDÚSTRIA

**LISBOA** **PORTO**

Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, L.da

# SOMEC

R. da Madalena, 163 — Lisboa Telefone 32795/6

Sondagens

Fundações

Betão armado

Trabalhos marítimos

Túneis

**no Continente e Ultramar**

# TABELAS TÉCNICAS

PARA

# ENGENHARIA CIVIL

POR

**NUNO ABRANTES**

E

**A. CELESTINO DA COSTA**

**Sob a direcção do Prof. Vicente Ferreira**

**4.ª Edição revista e aumentada**

PELOS ENGENHEIROS

**Fernando Abecasis e Sidónio Brazão Farinha**

PEDIDOS À «TÉCNICA»

Preço: 120$00

Assinantes: 10% de desconto

# EQUIPAMENTOS para:

- indústria alimentar
- indústria farmacêutica
- indústria metalúrgica
- indústria química

CONSULTE OS NOSSOS SERVIÇOS TÉCNICOS E COMERCIAIS, SEM COMPROMISSO, SEMPRE QUE DESEJE ADQUIRIR EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

Sociedade Avanço Limitada

fracção areia do solo, acusa nìtidamente a influência da percentagem de finos (x). Tudo se passa como se a curva granulométrica dum solo não pudesse tomar uma forma arbitrária, antes que as suas diferentes fracções se condicionassem estreitamente. O estudo das relações entre a percentagem de partículas de argila menores que 0,002 mm com as constantes (t) e (a) também leva a crer que, num solo natural, as percentagens de argila e de areia não são indepentes, mas uma condiciona a outra. Como, por outro lado, se recorda que (t) e (x) estão relacionados, verifica-se que entre a percentagem total de finos e a de partículas de argila menores que 0,002 mm, existirá também uma dependência semelhante.

Da comparação da fig. 20 com as figs. 6, 7 e 8 da comunicação apresentada no Congresso de Zurich (2), verifica-se imediatamente que só uma pequena percentagem dos solos examinados apresenta qualidades susceptíveis de aconselhar o seu emprego em camadas superficiais sem protecção betuminosa; quanto aos solos próprios para bases, verifica-se que a esmagadora maioria corresponde a valores de (a) compreendidos entre 0,50 e 0,60.

Todos estes factos constituem objecto duma mais completa investigação, actualmente em curso.

## 2. DEFESA CONTRA A EROSÃO

A erosão nas estradas e aeródromos faz sentir os seus efeitos nos *taludes*, nas *valetas* e no próprio *pavimento*.

Um estudo genérico da erosão foi feito pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil a propósito da regularização e protecção das *barrocas* de Luanda (10) (África Ocidental Portuguesa). Daí se conclui que as erosões *laminar* e *ravinosa* se evitam limitando o escoamento superficial e facilitando a infiltração; ao passo que os *escorregamentos* e *quebradas*, forma descontínua da erosão, pelo contrário, se impedem diminuindo as infiltrações e aumentando portanto o escoamento.

Uma vez que a expressão do caudal de escoamento (Q), causa da erosão, é

$$Q = 167\ C\ \frac{p}{t}\ A\ (l/seg) \qquad (36)$$

onde

C — Coeficiente de escoamento.

p — Máxima precipitação de duração igual ou superior ao tempo de concentração e de provável ocorrência durante a vida útil da obra.

t — Duração da precipitação.

a defesa contra a erosão deve incidir nos parâmetros nela incluídos. Diminuindo o coeficiente de escoamento, *adoçando* os taludes e protegendo-os com vegetação; aumentando o tempo de concentração com tudo que *retarde* o escoamento das águas, isto é, revestimento vegetal, socalcos, albufeiras, etc.; limitando a área da bacia de drenagens pelo *terraceamento* conjugado com a *drenagem superficial* dos caudais parciais de cada secção da área total.

Quando estas soluções não sejam possíveis há ainda o recurso de fazer a estabilização dos solos dos taludes ou do próprio pavimento quando são grandes as inclinações.

A estabilização dos solos visando apenas a defesa contra a erosão vai ser tentada nas estradas de montanha da Serra da Estrela, como já se referiu na Parte A deste relatório, e é problema muito frequente e importante nas estradas do Ultramar geralmente não pavimentadas.

A ravinação e mesmo corte do pavimento das estradas após as chuvas é fenómeno frequente em Angola, em Moçambique e sobretudo nas acidentadas estradas das montanhas de Cabo Verde.

A defesa contra a erosão descontínua dos escorregamentos e quebradas, que é da maior importância nas trincheiras de estradas e caminhos de ferro é problema também muito complexo onde intervêm a resistência dos maciços e suas variações ao longo do tempo.

As secagens e molhagens produzidas pelas variações sazonais de humidade fazem variar periòdicamente a resistência dos terrenos, a qual atinge em geral os valores mais elevados pelo Verão e Outono e os mais baixos pelo Inverno e Primavera.

Tais variações não são, porém, em geral, reversíveis e conduzem a uma progressiva diminuição da resistência que, ao fim de alguns anos, provocará o escorregamento do talude. As variações volumétricas associadas a essas variações de humidade têm como consequência o *escorregamento lento* das camadas superficiais do talude ou

encosta (8) o que muito contribui para acelerar a respectiva ruína.

Os métodos de defesa contra este tipo de erosão são portanto aqueles que diminuem as variações de humidade quer por molhagem quer por secagem. A molhagem evita-se pela rápida drenagem superficial pelo revestimento impermeável que impede a infiltração, e pela drenagem profunda que evita a subida dos níveis freáticos; a secagem evita-se pela protecção vegetal e pelos revestimentos superficiais de uso corrente ou, preferível em muitos casos, de terreno arenoso de volume pouco variável com a secagem.

A segurança do tráfego rodoviário ou de combóios exige porém uma previsão das condições de estabilidade das trincheiras que quanto possível previna acidentes graves. No Laboratório Nacional de Engenharia Civil consideram-se para tal efeito insuficientes os conhecimentos actuais da Mecânica dos Solos, e preconiza-se como caminho a seguir uma *observação sistemática* dos taludes e encostas associada aos usuais trabalhos de conservação. A evolução anormal dos movimentos dos taludes assim detectados provocará precauções suplementares na circulação do tráfego de modo a evitar quaisquer acidentes.

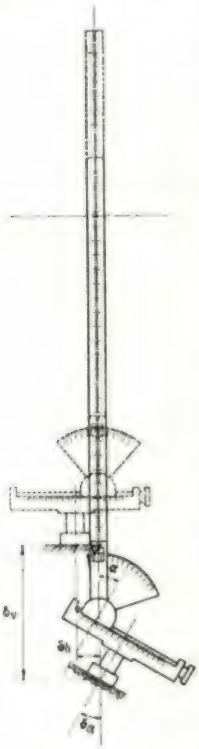


Fig. 21 — Clino-bandeirola. Aparelho para medição de deslocamentos horizontais ($\delta_h$), verticais ($\delta_v$) e rotações $\delta_\alpha$ de pontos de taludes e encostas

Dentro das técnicas de observação adoptadas referem-se os alinhamentos topográficos incluindo os deslocamentos verticais, horizontais e as rotações de marcas do alinhamento por meio da *clino-bandeirola*. Trata-se de um aparelho projectado e construído no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (fig. 21); fundamentalmente, é uma mira graduada em centímetros que se desloca por meio de um cursor sobre uma base onde está montada uma escala metálica graduada em milímetros; a verticalização da bandeirola é feita por rotação sobre um eixo horizontal lendo-se num quadrante solidário com a base o desvio angular desta em relação à horizontal. A escala da base e o quadrante marcam zero a meio crescendo a graduação simètricamente para um e outro lado.

Os pontos extremos definidores do alinhamento são, em geral, instalados em maciços de betão; num dos maciços externos coloca-se a base do teodolito e no outro coloca-se uma referência para receber o alvo de pontaria. Os pontos intermédios do alinhamento realizam-se por pequenas referências metálicas com cabeça roscada embebidas em estacas de betão armado de 50 cm.

Nas operações de leitura de deslocamentos, começa-se por definir o alinhamento apontando o teodolito para o centro do alvo de pontaria. Depois enrosca-se a clino-bandeirola numa referência intermédia de modo tal que a sua base fique normal ao alinhamento e verticaliza-se; o ângulo lido no quadrante marca o desvio da base da clinobandeirola em relação à horizontal que é igual ao desvio da referência em relação à vertical.

Em seguida desloca-se a bandeirola por meio do cursor até se meter o seu traço vertical no alinhamento; na escala da base faz-se a leitura horizontal e na escala da mira faz-se a leitura vertical.

Outro dispositivo mais expedito que pode ser observado sem qualquer aparelhagem pelo pessoal da conservação da via é o *testemunho de crista* que consiste em pequenos lancis com uma a duas dezenas de metros de comprimento embebidos no terreno normalmente à crista do talude em observação; quaisquer movimentos do talude são acusados por fendas nos testemunhos podendo assim avaliar-se directamente a evolução de tais movimentos.

A utilização destas técnicas está a ser utilizada na observação das trincheiras do caminho de ferro do Estoril.

## 3. SOLOS LATERÍTICOS

Nos territórios portugueses do Ultramar, em África e na Ásia, as laterites são materiais de frequente ocorrência e de generalizado uso na construção. A utilização destes solos na pavimentação de estradas faz-se de há muito nos planaltos de Angola (11), nas regiões do Niassa, Zambézia e Tete, em Moçambique; nas estradas

da Guiné e nos territórios portugueses da Índia.

Da experiência adquirida nestas obras verifica-se que estes materiais são susceptíveis de boa compactação e resistência parecendo mesmo poder concluir-se que, nas especificações respectivas, se poderão admitir valores mais altos do índice de plasticidade, do limite de líquidos e da percentagem passando ao crivo n.º 200 do que em solos ordinários.

O problema geral da pavimentação com materiais lateríticos no Ultramar Português está sendo objecto de estudo conduzido em colaboração pelos laboratórios de Lisboa, de Angola e de Moçambique.

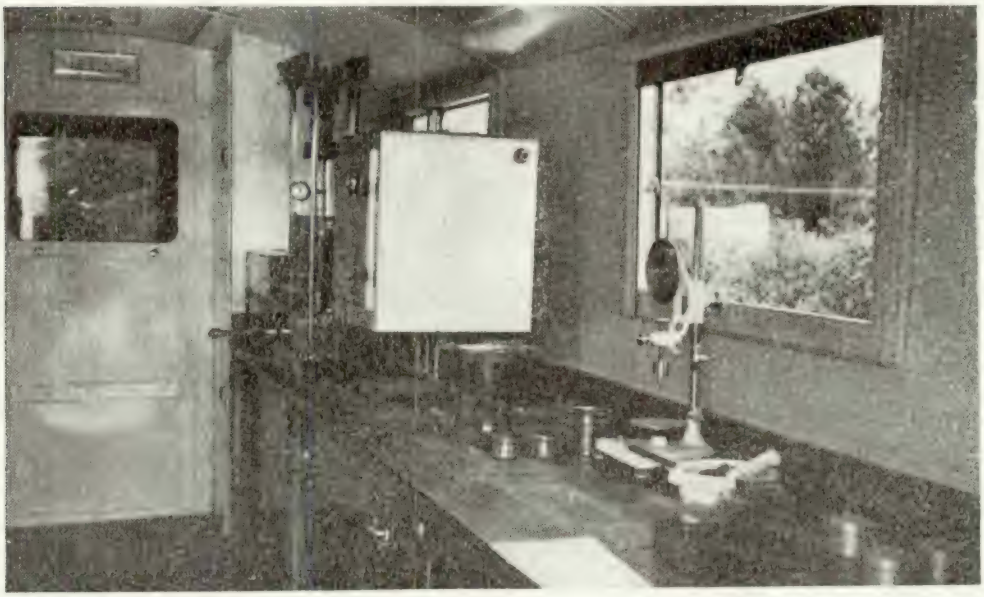


Fig. 22 — Laboratório de Estaleiros da Junta Autónoma de Estradas (J. A. E.)

## BIBLIOGRAFIA


1 — Úlpio Nascimento, *Física dos Solos. Estudo dos Solos de Lisboa*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1954.

2 — M. Pimentel dos Santos, *A New Soil Constant and its Applications*, Procee. Third Inter. Conf. Soil Mech. Eng., Zürich, 1953.

3 — Terzaghi and Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 1948, New York, John Wiley & Sons.

4 — Úlpio Nascimento, *Capillarity and Soil Cohesion*, 1953, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Publi. n.º 37, (Distribuído no III Congresso Int. Mec. Solos, Zurique, 1953).

5 — Croney, Colemann and Bridge, *The Suctions of Moisture Held in Soil and Other Porous Materials*, 1952, London, Road Research Laboratory.

6 — Úlpio Nascimento, *Os Aterros da Estrada Luanda--Catete e Algumas Sugestões Sobre a Compactação de Aterros de Estrada*, Simpósio de Compactação dos Solos, Boletim da Ordem dos Engenheiros, Vol. III, N.º 7, Lisboa, Abril de 1954.

7 — *Design of Flexible Paviments Based on California Bearing Ratio*, The Enginneer School, Fort Belvior, Virgina, U. S. A., 15 Set. 1949.

8 — Úlpio Nascimento, *Alguns Problemas de Mecânica dos Solos Relativos à Pavimentação de Estradas*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1953, Separata de Conf. na Ordem dos Engenheiros em Lisboa, 1951.

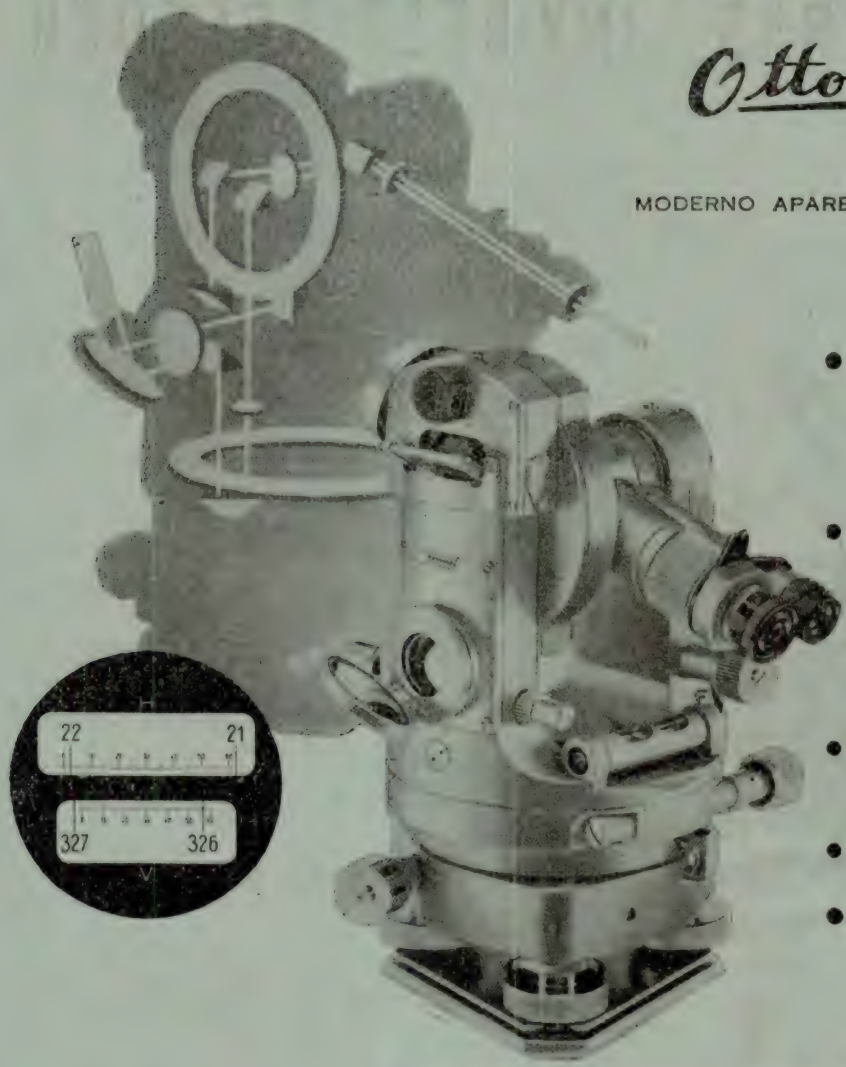
9 — Fox, L., *Computations of Traffic Stresses in a Simple Road Struture*, Road Research Laboratory, Tec. Pap. N.º 9, His Magesty's Stationary Office, London, 1948.

10 — Úlpio Nascimento, *Estudo da Regularização e Protecção das Barrocas de Luanda*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Public. N.º 30, Lisboa, 1952.

11 — Rego Cabral, A., *Ligeiras Considerações Sobre Solos Tropicais, Com Referência Especial Aos Angoianos*, Simpósio de Compactação dos Solos, Boletim da Ordem dos Engenheiros, Vol. III, N.º 2, Lisboa, Janeiro de 1954.

12 — Abel Simões, *Dimensionamento de Pavimentos de Estradas e Aeródromos*, Lisboa, 1952. Laboratório Nacional de Engenharia Civil C. I. T. N.º 6.

# TEODOLITO TAQUEOMÉTRICO FTI




**Otto-Fennel**

MODERNO APARELHO DISPONDO DE:

- Observação simultânea dos dois limbos pelo microscópio colocado ao lado da ocular da objectiva
- Leitura por sistema directo de 1c e décimos por estimativa
- Leitura do nível vertical por coincidência
- Prumo óptico
- Grande luminosidade

**Características ópticas e mecânicas**

Telescópio analáctico com lente de focagem interna, retículo medidor de distância, telescópio reversível com o extremo da objectiva.

| | |
|---|---|
| Constante de adição | zero |
| Constante de multiplicação | 100 |
| Comprimento do telescópio | 190 mm |
| Abertura da objectiva | 36 mm |
| Ampliação | 28 x |
| Distância mínima de mira | 1 m |
| Nível redondo | 6' a 8' |
| Nível de reversão | 30 " |
| Nível de horizontalidade paralelo ao eixo de inclinação | 40 " |

Nível junto ao círculo vertical legível por ajustamento da coincidência 40 ". Passo circunferencial sobre círculos de vidro 360° ou 400 g, de 1° ou de 1 g.

Diâmetro do círculo horizontal 90 mm, do círculo vertical 70 mm

| | | |
|---|---|---|
| Leitura directa horizontal | 1' | 1 c |
| Leitura por avaliação | 1' | 1 c |
| Leitura directa vertical | 0,1' = 6" | 0,2 c = 20cc |
| Leitura por avaliação | 0,2' = 12" | 0,25c = 25cc |

Pesos: Instrumento 4,7 kg, Tripé com pés extensíveis 6,0 kg, Caixa metálica 4,0 kg

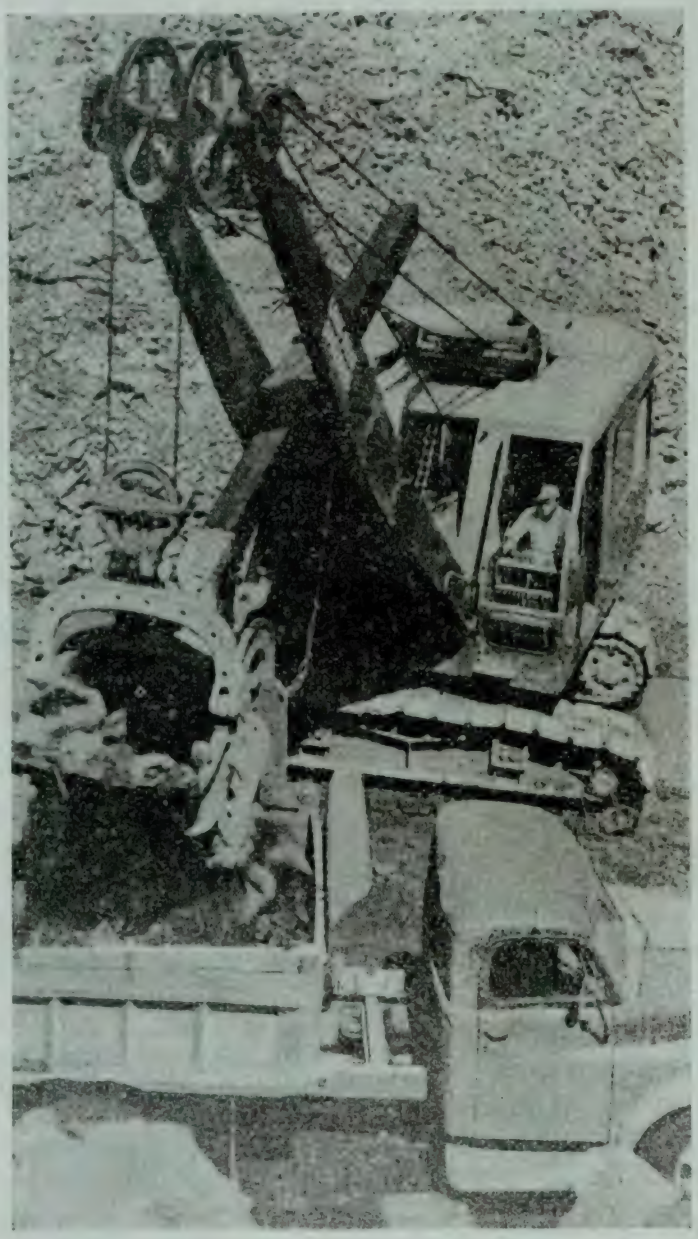
REPRESENTANTES

**PAPELARIA FERNANDES**

L. DO RATO, 13—TELEF. 66 11 16—7 LINHAS—R. DO OURO, 145—TELEF. 28 36 1

LISBOA

# ESCAVADORAS LINK-BELT SPEEDER



## Modelos

Com baldes de $^1/_2$ a 3 jardas cúbicas de capacidade.

## Equipamentos frontais

«dragline»; balde de garras; guindaste; bate-estacas; valadora e colher escavadora frontal.

## Comandos hidráulicos

Speed-o-Matic, patente da Link-Belt Speeder.

## Montagens possíveis:

LAGARTAS

CHASSIS SOBRE PNEUS

CAMIONS

**Representantes exclusivos para a Metrópole e Ultramar:**

**Estabelecimentos Herold, L.da**

**Rua dos Douradores, 7 — LISBOA**

C. D. U. 625.42 (469.411.16)

# METROPOLITANO DE LISBOA

As obras do 1.º escalão da rede do metropolitano de Lisboa, actualmente em plena execução compreendem todos os trabalhos que foram projectados passando pelas avenidas da Liberdade, Fontes Pereira de Melo e da República, por um lado, e pelas avenidas António Augusto de Aguiar, Columbano Bordalo Pinheiro e das futuras praças de Espanha e de Sete Rios, pelo outro. Este 1.º escalão, com cerca de 7.800 m, faz parte de uma rede mais vasta, com uns 40 km de extensão, integrada no plano geral de coordenação dos transportes urbanos e suburbanos, através do qual se resolverão as dificuldades com que hoje se luta em Lisboa no âmbito da circulação e dos transportes, pelas ruas da cidade.

Fig. 1

A traços muito largos, como indica a fig. 1 a futura rede do metropolitano instalar-se-á sob os arruamentos que conduzem ao centro da cidade, à chamada Baixa, formando quatro ramos

que se juntam na praça da Figueira. Haverá ainda uma linha circular que ligará a zona dos Caminhos de Ferro ao Conde Barão passando por Sapadores, Anjos, praça Marquês de Pombal e largo do Rato.

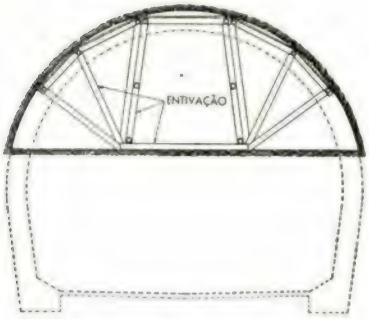
As obras agora em execução ficam, na sua quase totalidade, (6.950 m) muito próximas da superfície. Isso permite que sejam construídas por meio de uma vala provisória que se cobrirá em seguida, depois das galerias concluídas.

Apenas com cerca de 1/9 da sua extensão (880 m) ou mais precisamente, desde o topo SE da estação «S. Sebastião» até ao princípio da avenida Fontes Pereira de Melo, ou praça Marquês de Pombal, a profundidade a que ficam as galerias obriga à sua construção em tunel.

As galerias serão, na sua grande parte, de betão simples. O betão armado tem uma aplicação limitada e só excepcionalmente se recorre a estruturas metálicas.

Na construção em túnel o trabalho está sendo executado pelo processo clássico de abertura de uma galeria de avanço, superior, seguida do alargamento e betonagem da abóbada. Escava-se

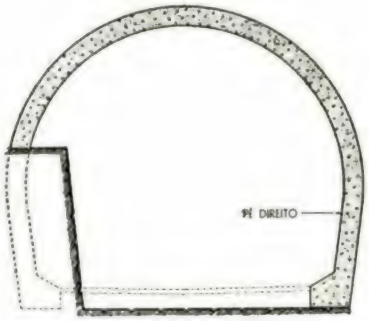
1 — Galeria de avanço



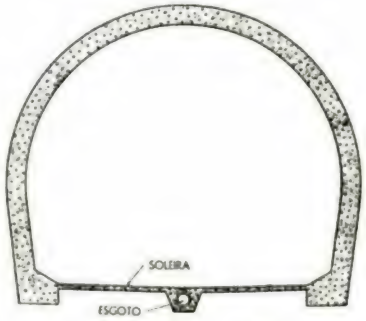

2 — Alargamento da galeria de avanço

3 — Moldagem da abóbada

4 — Avanço inferior




5 — Alargamento em secções alternadas e moldagem dos pés direitos




6 — Drenagem e soleira

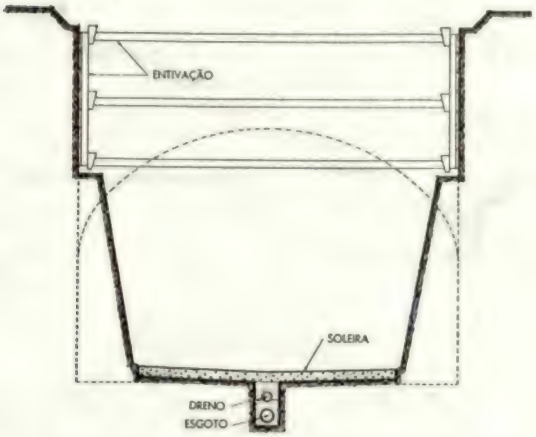
Fig. 2 — Fases da construção das galerias em túnel

depois a parte inferior, para se betonarem os pés-direitos das galerias em troços alternados (ver fig. 2).

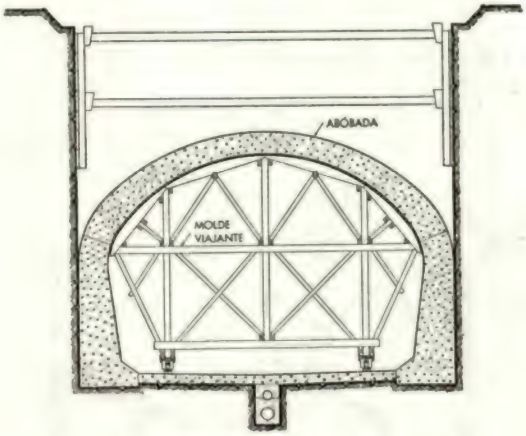
Na parte da obra realizada em vala provisória distinguem-se dois métodos diferentes: o trabalho «em vala larga» e o trabalho «em vala estreita».

No trabalho em vala larga a sequência das principais operações será em geral a seguinte, como indica a fig. 3: desmonte de pavimentos e escavação em toda a largura da obra até à profundidade da soleira; assentamento da drenagem; betonagem dos pés-direitos utilizando molde viajante; betonagem da abóbada utilizando também molde viajante; aterro sob a abóbada e reconstrução do pavimento. Em geral o desmonte dos pavimentos e a primeira escavação a fazer, até à profundidade dos 0,50 a 1,00 m, são executados manualmente. As restantes escavações, porém, são sempre que possível mecanizadas, por forma a garantirem um progresso mais rápido da construção.

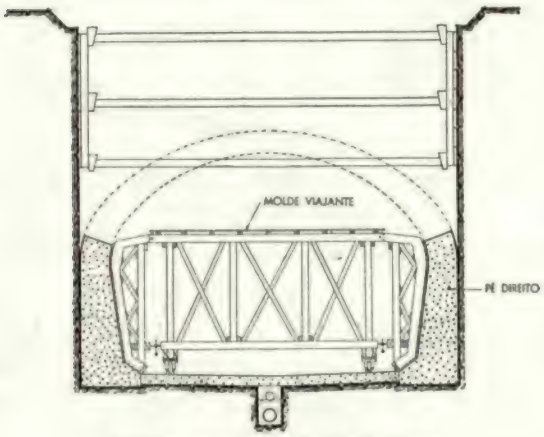
No trabalho em vala estreita a escavação da vala em toda a largura das obras faz-se, como indica a fig. 4, apenas até ao ponto mais alto da linha interior da abóbada da galeria, seguindo-se a escavação das valas estreitas, laterais, correspondentes a cada um dos pés direitos, e depois a sua betonagem. Neste método de trabalho aproveita-se o próprio terreno, depois de devidamente regularizado, para moldagem da abóbada. A escavação do «miolo», isto é, da porção de terreno no interior da galeria é feita posteriormente, seguindo-se a moldagem




1 — Escavação da vala larga. Assentamento da drenagem Betonagem da soleira



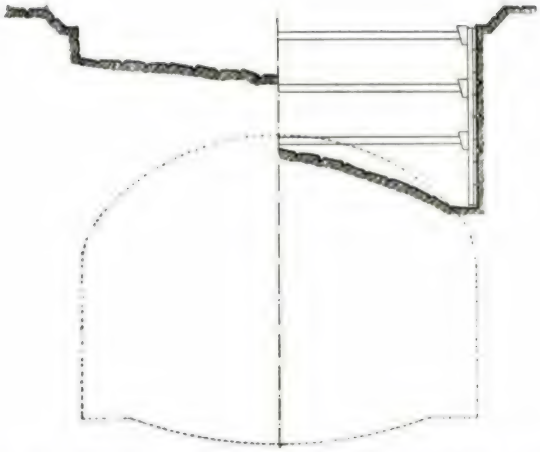

3 — Betonagem da abóbada



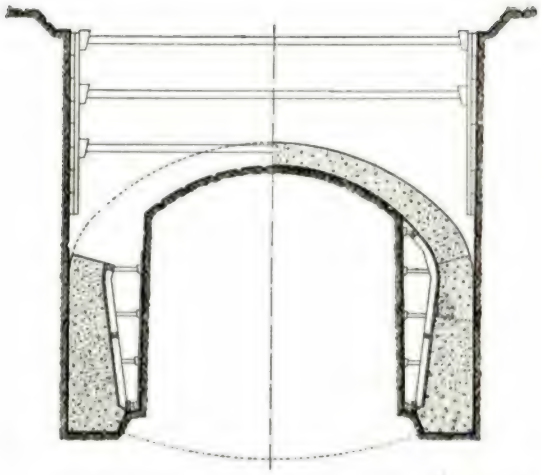

2 — Betonagem dos pés direitos

4 — Aterro sobre a abóbada

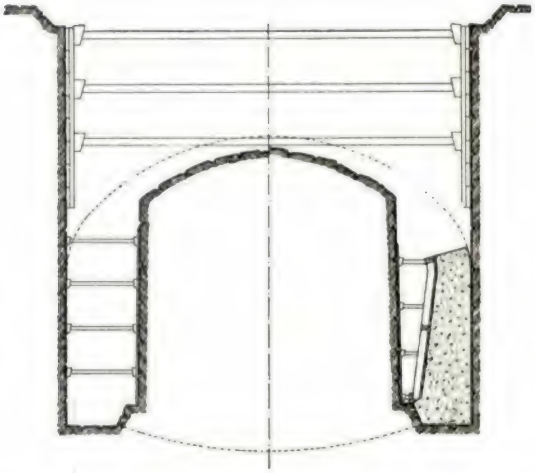
Fig. 3 — Fases da construção das galerias em vala larga



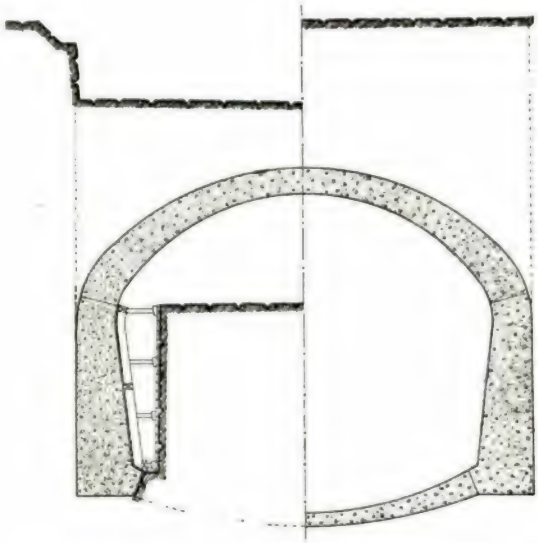
1 — Escavação e entivação da vala até o nivel da abóbada



3 — Regularização do leito de moldagem da abóbada e betonagem desta



2 — Escavação e entivação das valas dos pés direitos e betonagem destes



4 — Aterro sobre a abóbada. Escavação do «miolo». Betonagem da soleira

Fig. 4 — Construção das galerias pelo sistema de «vala estreita»

da soleira. O aterro da vala acima da abóbada e a reconstrução do pavimento podem ser feitos simultâneamente com a escavação interior e a moldagem da soleira.

Todas as terras sobrantes são conduzidas a vazadouros, respectivamente constituídos nos vales de Alcântara e Chelas. O Empreiteiro instalou os seus estaleiros de construção no topo do parque Eduardo VII, a norte da avenida Sidónio Pais, os quais compreendem fundamentalmente as instalações do fabrico do betão e da preparação das armaduras, e dos diferentes moldes a utilizar na obra. Na fig. 5 indica-se uma planta das instalações, mostrando-se na fig. 6 um esquema de central de fabrico de betão que consta de um armazém de cimento, silos para materiais inertes, e quatro betoneiras de 800 l nominais, constituindo dois grupos independentes com uma capacidade de produção de 30 $m^3/h$. O betão é conduzido aos locais de aplicação por camionetas que recebem o material pelas tremonhas anexas às betoneiras.

As areias provêm do arieiro do Narigão, situado entre a avenida do Aeroporto e a praceta do lado da avenida D. Rodrigo da Cunha.

A exploração é feita manualmente, em banca-

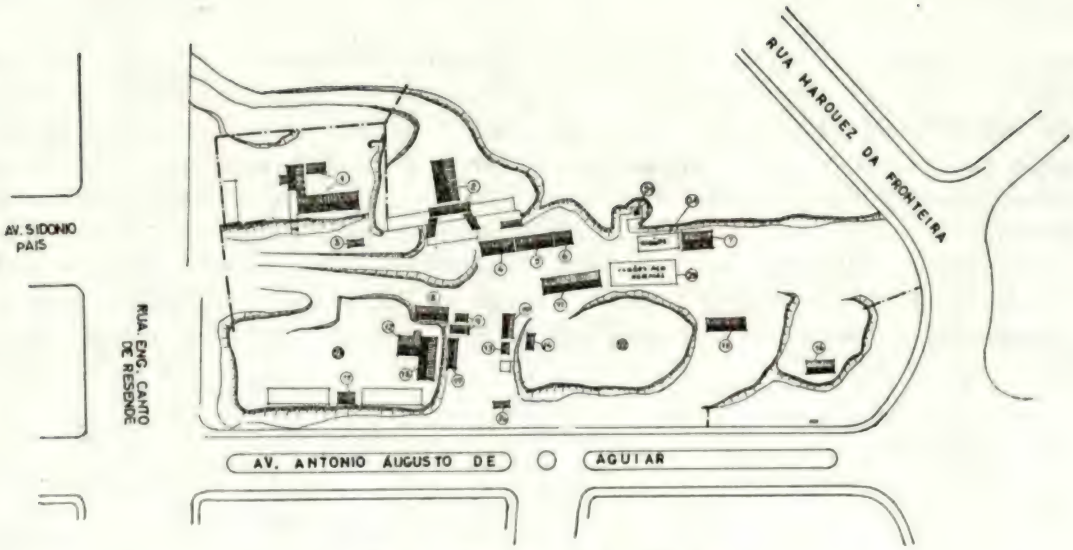



Fig. 5 — Planta geral do estaleiro

1 — Escritórios do empreiteiro
2 — Central de fabrico de betão
3 — Armazém de combustíveis
4 — Garagem
5 — Oficina de serralharia e forja
6 — Oficina de material eléctrico
7 — Estação de serviço
8 — Armazém geral
9 — Apontadores
10 — Refeitórios para trabalhadores
11 — Execução de armaduras
12 — Traçagem de moldes
13 — Instalações sanitárias
14 — Laboratório de ensaios
15 — Habitações de guardas
16 — Central de compressores
17 — Serração
18 — Carpintaria
19 — Posto de socorros
20 — Posto de transformação do estaleiro
21 — Paiol
22 — Depósito de madeiras
23 — Parque de moldes
24 — Varões de Heliaço
25 — Varões de aço normal

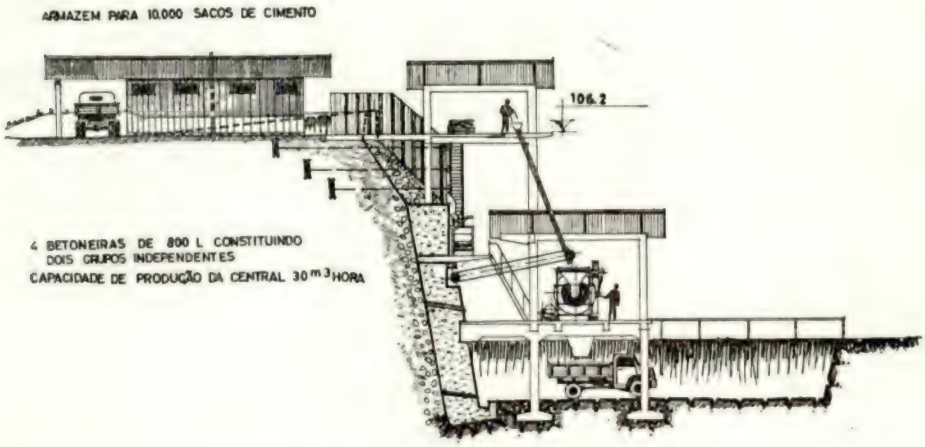



Fig. 6 — Esquema da Central do fabrico de betão

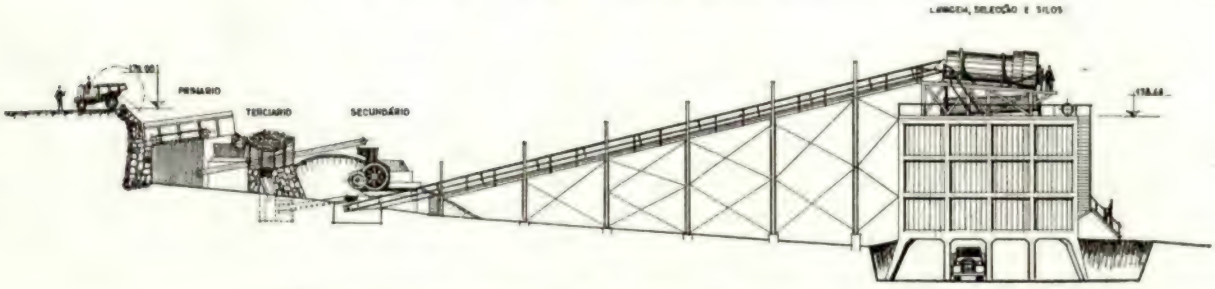



Fig. 7 — Esquema da instalação de britagem, selecção e lavagem

das, conduzida de modo a manter uniformidade do módulo da finura dentro de períodos relativamente largos. O seu transporte é feito por camionetas que conduzem a areia até aos silos situados no estaleiro do parque Eduardo VII.

A pedreira situa-se no casal da Boba, a nascente da estrada da Falagueira, na Serra Mira, concelho de Sintra. O desmonte é praticado a fogo, sendo feita por escavadores a carga dos camiões basculantes que conduzem a pedra à instalação de britagem, selecção e lavagem. A fig. 7 dá uma ideia do esquema de funcionamento de tal instalação, cuja capacidade de produção efectiva é de 40 $m^3/h$. A brita é ensilada nos tamanhos: 0,5-2 mm; 2-30 mm, 30-60 mm e 60-75 mm. A dosagem utilizada no betão é de 300 $kg/m^3$ nas abóbadas, soleiras e peças de betão armado, e 270 $kg/m^3$ nos pés direitos.

C. D. U. 621.311.5/91

# Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

## — Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91,0 % dos totais do País.*

## JULHO

### I — Elementos gerais (GWh)

*a*) Mensais

| | 1955 | 1956 | Variação % |
|---|---|---|---|
| Produção hidráulica ($P_h$) . . . | 133,1 | 157,8 | + 19 |
| Produção térmica ($P_t$) . . . . . | 3,4 | 0,3 | — 91 |
| Produção total ($P_T$) . . . . . | 136,5 | 158,1 | + 16 |
| Cons. electroquímico ($C_{eq}$) (1) | 22,2 | 36,7 | + 65 |
| Cons. permanentes ($C_p$) . . (1) | 108,1 | 114,5 | + 6 |
| Consumo total ($C_T$) . . . . (1) | 130,3 | 151,2 | + 16 |

*b*) Acumulados desde 1 de Janeiro

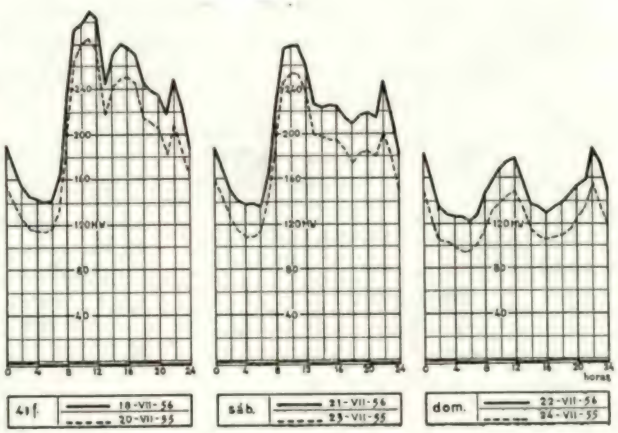
| | 1955 | 1956 | Variação % |
|---|---|---|---|
| Produção hidráulica ($P_h$) . . . | 971,3 | 1143,7 | + 18 |
| Produção térmica ($P_t$) . . . . . | 26,6 | 3,6 | — 86 |
| Produção total ($P_T$) . . . . . | 997,9 | 1147,3 | + 15 |
| Cons. electroquímico ($C_{eq}$) . (1) | 227,0 | 288,7 | + 27 |
| Cons. permanentes ($C_p$) . . . (1) | 737,7 | 822,7 | + 12 |
| Consumo total ($C_T$) . . . . . (1) | 964,7 | 1111,4 | + 15 |

*Nota*:

(1) Os consumos permanentes $C_p$ incluem as perdas nas redes de distribuição. O consumo electroquímico ($C_{eq}$) inclui as respectivas perdas totais. O consumo total $C_T$ é a soma de $C_p$ e $C_{ep}$. Desta forma a diferença $P_T - C_p$, acrescida da energia entrada na rede de origem estranha ao R. N. C. representa os consumos próprios das centrais e as perdas dos consumos permanentes na rede de grande transporte.

### II — Diagramas de carga dos dias característicos

| | 4.ª feira: | |
|---|---|---|
| | 20-7-955 | 18-7-956 |
| Produção hidráulica ($P_h$) — MWh | 4666 | 5572 |
| Produção térmica ($P_t$) — MWh . . | 133 | 0 |
| Produção total ($P_T$) — MWh . . . | 4799 | 5572 |
| Utilização da ponta (U) — horas | 16,8 | 17,9 |
| Factor de carga ($\alpha$) . . . . . | 0,70 | 0,74 |
| Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r) . . . . . | 0,40 | 0,45 |




### III — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês.

| Albufeira | Energia armazenada | |
|---|---|---|
| | GWh | % (1) |
| Venda Nova . . . . . | 111,2 | 84,7 |
| Salamonde . . . . . | 20,6 | 73,8 |
| Caniçada . . . . . | 19,1 | 56,9 |
| Guilhofrei . . . . . | 5,6 | 67,9 |
| Lagoa Comprida . . . . . | 24,1 | 81,8 |
| Santa Luzia . . . . . | 26,7 | 78,7 |
| Cabril : . . . . . | 271,5 | 82,0 |
| Castelo do Bode . . . . . | 150,9 | 91,9 |
| Pracana . . . . . | 6,9 | 67,0 |
| Póvoa . . . . . | 8,9 (2) | 74,6 |
| Total . . . . | 652,4 | 82,2 |

*Notas*:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras, definido como se indica na nota correspondente ao mês de Janeiro.

(2) Inclui 1,6 GWh armazenado no açude do Poio.

# DO MUNDO TÉCNICO

## NOTAS TÉCNICAS

C. D. U. 669.14

### O Aço Plástico

A ciência ao serviço da indústria não pára, como não pára em todos os sectores neste século de progresso e, por isso, dia a dia tomamos conhecimento, de surpresa de novos produtos que vêm facilitar e proporcionar a solução de vários problemas que surgem nas instalações fabris de indústrias extractivas e transformadoras, oficinas de reparações, serviços públicos, etc.

O Aço Plástico — Plastic Steel, — combinação de aço, 80 %, e plástico especial 20 %, apresentado recentemente por uma firma americana, em quatro qualidades diferentes, permite realizar trabalhos que até hoje seriam impossíveis, ou só por meios muito mais dispendiosos se conseguiriam.

Citaremos algumas das inúmeras aplicações, que pela simplicidade de operação merecem ser divulgadas.

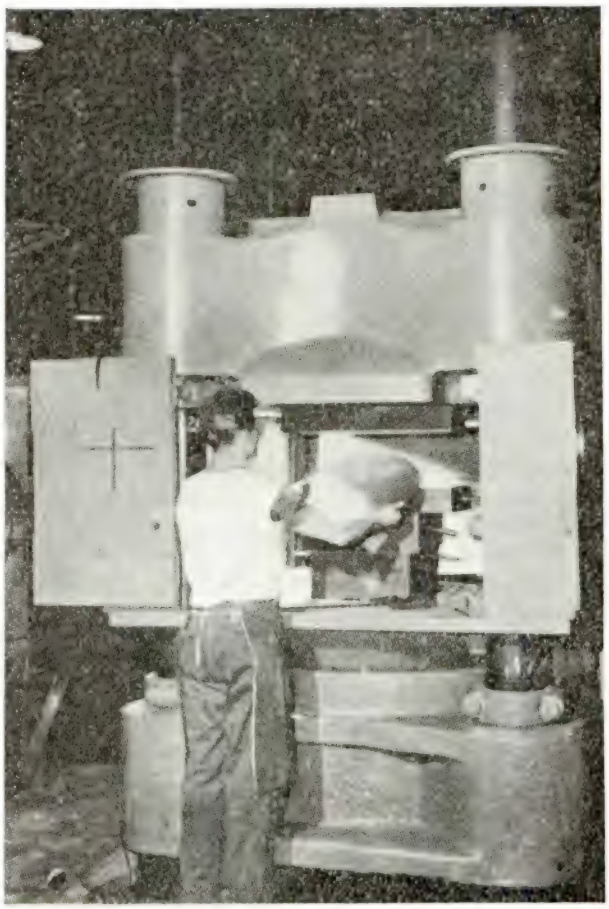
São os chochos da fundição de ferro, aço, alumínio e outros metais, por vezes, a causa de grandes prejuízos, não só no atraso das entregas das obras, como também na pura perda das peças, prejuízos que são conhecidos por todos os técnicos e industriais.

Uma grande prensa de 3.008 ton. da Chrysler Corporation, como a gravura mostra, foi reparada com aço plástico. O óleo vertia na base do cilindro de 48'' e verificou-se que existiam 3 grandes furos na fundição, tendo o maior cerca de 15 a 20'' × 1 a 4'' de profundidade. Enchidos estes furos com aço plástico, voltou a prensa a trabalhar eficientemente. A economia, por estimativa, foi de $25.000,00 dollars (Esc.: 725.000$00) e evitou-se a paralização da máquina durante uns 60 dias.

Este novo produto tem excelente aderência no aço, alumínio, bronze, latão e ferro fundido; liga-se às superfícies lisas, como vidro, porcelana, madeira e cimento e pode ser maquinado de qualquer forma; torneado, frezado, esmerilado ou atarrachado, não sendo necessário fazer qualquer preparação especial ou tratamento na base do materia e pode-se aplicar mesmo em superfícies verticais, porque não escorre.

O tempo de endurecimento, para que o ácido plástico se torne rígido e homogéneo, é cerca de duas horas, podendo então trabalhar-se com todas as ferramentas que se usam para ferro e metais. A aparência do enchimento depois de acabado e polido, é idêntica ao metal base, sendo quase impossível indicar onde se fez a reparação, ficando com uma resistência ao choque capaz de poder suportar pancadas de marreta, sem se desligar e podendo pintar-se com qualquer tinta, mesmo que a pintura tenha de ir à estufa.

As suas propriedades, bastante de apreciar, permitem fazer reparações nas mais diversas máquinas e instalações, como por exemplo na vedação de canalizações de vapor de água e gás; reparações em automóveis, tractores e motores industriais; reparações de instalações nas indústrias químicas, refinarias de óleos, minas, fábricas de papel, cerâmica e vidro; reparações de emergência em instalações de Serviços Públicos, de grandes navios, pequenos barcos e mais algumas centenas de aplicações na agricultura e usos domésticos, que são impossíveis de enumerar.



E já que falamos em propriedades, não deixaremos de mencioná-las a seguir por serem de grande interesse:

**Propriedades Mecânicas:**

| | |
|---|---|
| Resistência à compressão..... | 1267 kgs/cm² |
| » à tracção ..... | 704 kgs/cm² |
| » à flexão ..... | 915 kgs/cm² |
| Dureza Rockwell — Escala F ... | 75 |

**Propriedades Térmicas:**

**Produtos tipo A, B e F**

Uso contínuo até às temperaturas de 121° C.

**Produto tipo C**

Uso contínuo até às temperaturas de 231° C.

**Propriedades Químicas:**

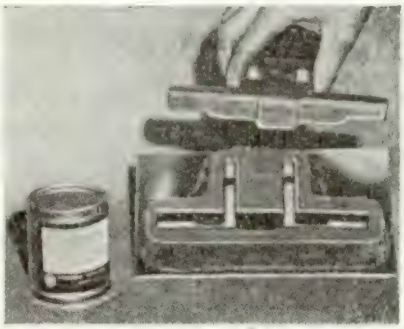
Em ensaios realizados nos laboratórios, após 14 dias de imersão de um cubo de 1", à temperatura de 28° C., em cada um dos diferentes líquidos a seguir mencionados, verificaram-se os seguintes resultados:

| Líquidos | Diferença no peso % | Classificação Devcon |
|---|---|---|
| Água. . . . . | + 0,025 % | E |
| Gasolina . . . . . | + 0,02 % | E |
| Vernizes Têxteis . . . | + 0,008 % | E |
| Tolueno . . . . . | + 0,0083 % | E |
| Vernizes Minerais . . | — 0,005 % | E |
| Etanol . . . . . | + 0,017 % | E |
| Álcool Diacetona. . | + 0,000 % | E |
| Álcol Propílico. . . . | (99 %) + 0,009 % | E |
| Tetracloreto de carbono. . . . . | + 0,0066 % | E |
| Hidróxido de sódio saturado . . . . . | (100 %) — 0,0067 % | E |
| Hidróxido de amónio concentrado . . . . | + 0,028 % | E |
| Metil-etil-cetona . . . | + 0,013 % | E |
| Ácido Oleico. . . . . | + 0,029 % | E |
| Ácido Hidroclorídrico | (100 %) — 0,06 % | B |
| » » | ( 50 %) — 0,12 % | B |
| Ácido sulfúrico. . . . | (100 %) — | M |
| » » . . . . | ( 50 %) + 0,06 % | B |
| Acetona . . . . . | + 0,77 % | B |

E = Excelente B = Bom M = Mau

De apreciar também, é a característica indeformável qne oferece o aço plástico, pois que a dilatação é quase nula, e a contracção, verificada num molde para a indústria de borracha, com as dimensões de 127 m/m × × 76 m/m × 25 m/m, foi sòmente de 0,00127 m/m.

Esta característica permite a sua utilização em larga escala nas indústrias de borracha e plásticos, para a construção de moldes, que em 25 a 30 minutos de trabalho estarão prontos. A simplicidade da sua construção poderá observar-se nas gravuras que seguem:



Referimo-nos atrás ao período de 2 horas, necessário para se verificar o endurecimento do aço plástico, mas para reparações rápidas, de emergência, pode-se conseguir que este período seja reduzido a 60 segundos, utilizando maior calor que o normal.

*Por exemplo:* — Uma grande rotura numa conduta principal de distribuição de águas, pode-se reparar com grande facilidade, assim:

Fecha-se a água, limpa-se e enxuga-se muito bem toda a superfície e aquece-se a conduta com um maçarico, do maneira que o tubo fique quente a não se lhe poder mexer com as mãos. Aplica-se o produto na conduta e, depois, aquece-se, pouco a pouco, com um maçarico, a extremidade do revestimento. O endurecimento verificar-se-á quase que imediatamente, e a válvula da conduta poderá abrir-se com confiança.

Sob pressão também se poderão fazer idênticas reparações, se os furos a obturar não tiverem mais que 5 a 6 mm de diâmetro.

# BIBLIOTECA
# FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Joaquim Cordeiro e José F. da Silva Pinharanda

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

---

## FICHEIRO DA «TÉCNICA»

Iniciamos neste número a publicação das fichas referentes aos artigos da «Técnica», começando pelos publicados no ano lectivo transacto.

(«Técnicas» n.os 255-264).

**C. D. U. 001.98:(167 + 37)**

**Do erro científico na investigação e no ensino** — *P. de Varennes e Mendonça.*

Técnica, Dez., vol. 18, n.º 257, pág. 119.

**C. D. U. 331.87 : 658.2/5**

**Considerações sobre a produção na indústria** — *Costa Reis.*

Técnica, Fev., 1956, vol. 18, n.º 259, pág. 247.

**C. D. U. 517.923.4**

**«Sobre a equação de Ricatti»** — *Carlos E. Barros Vidal*

Técnica, Jan., 1956, vol. 18, n.º 258, pág. 393.

**C. D. U. 517.923.4**

**A propósito da equação de Ricati** — *Ernâni Rocha.*

Técnica, Abril, vol. 18, n.º 261, pág. 371.

**C. D. U. 532.532.001.57**

**Descarregadores em poço** — *Armando Lencastre.*

Técnica, Nov., 1955, vol. 18, n.º 256, pág. 95.

**C. D. U. 532.57 : 532.574.2**

**A medição da vazão por meio de tubeiras Venturi a números de Reynolds elevados** — *Dr. P. de Haller.*

Técnica, Maio, 1956, vol. 18, n.º 262, pág. 453.

(Do Mundo Técnico).

**C. D. U. 532.543 : 518.4**

**Determinação gráfica de curvas de regolfo em canais prismáticos com caudal constante** — *Carlos Medeiros Portela.*

Técnica, Fev., 1956, vol. 18, n.º 259, pág. 287.

**C. D. U. 533.6.011.3**

**Determinação dum escoamento compressível subsónico a partir dum escoamento incompressível** — *P. Bevierre*

Técnica, Nov., 1955, vol. 18, n.º 256, pág. 115).

(Do Mundo Técnico).

**C. D. U. 537.725 : 519.47**

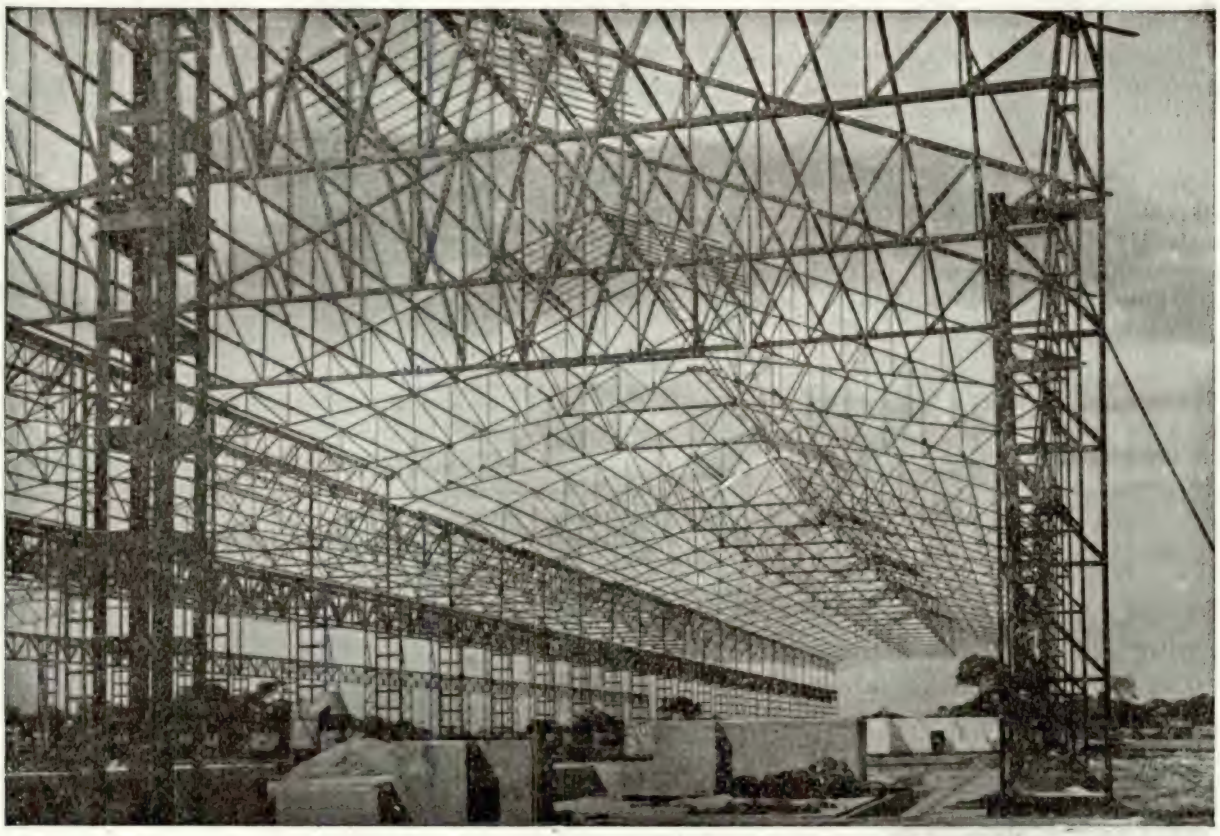
**Tratamento algébrico da Técnica dos impulsos mediante operadores** — *Miguel da Silveira.*

Técnica, Nov., 1955, vol 18, n.º 256, pág. 63.

**C. D. U. 539.16.08**

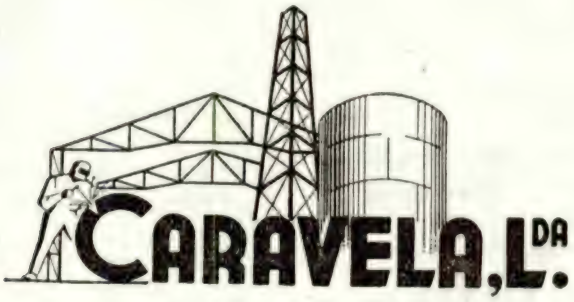
**Influência da humidade sobre o comprimento dos traços produzidos pelo ThC' nas emulsões nucleares** — *Carlos Moura Pulido, Amélia Rézio.*

Técnica, Fev. 1956, vol. 18, n.º 259, pág. 255.



Vista da nave das máquinas das instalações da Lusalite em África
Executada pela Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, LTD.ª (Antiga OMES)

# FABRICA METALURGICA E CONSTRUTORA




**Nesta oficina executam-se também outros trabalhos; como:**

Reservatórios, estruturas metálicas para aparelhos de elevação, postes metálicos, condutas metálicas, pontes metálicas, etc.

**Sede: Avenida Infante D. Henrique — Talhão 10 — LISBOA**

**Telef. 399008 / 399 480**

C. D. U. 539.17

**Energia Nuclear** — *Sir John Cockcroft, K. C. B, C. B. E., F. R. S.*

Técnica, Out., 1956, vol. 18, n.º 255, pág. 1.

C. D. U. 539.4 : 669.11

**Da solicitação média da matriz metálica de qualquer material siderúrgico, contendo grafita nodular ou lamelar** — *Verner Grundig.*

Técnica, Out., 1956, vol. 18, n.º 255, pág. 7.

C. D. U. 541.133: : 621.3.029.6

**Condutimetria com alta frequência** — *António Francisco Xavier Mello Coelho.*

Técnica, Jan., 1956, vol. 18, n.º 258, pág. 193.

C. D. U. 546.14.02

**Contribuição para o estudo da reacção de permutação isotópica** $\left[\mathrm{Re}\,\overset{*}{\mathrm{Br}}_6\right]^{=} + \mathrm{Br} \underset{2}{\overset{-1}{\rightleftarrows}} \left[\mathrm{Re}\,\mathrm{Br}_6\right]^{=} + \overset{*}{\mathrm{Br}}^{-}$ — *J. M. Peixoto Cabral.*

Técnica, Dez., 1955, vol. 18, n.º 257, pág. 155.

Nota acerca deste trabalho no n.º 259.

C. D. U. 546.791.05 : 541.123.5

**Ensaios de purificação de soluções contendo urânio por resinas permutadoras de iões** — *Carlos Moura Pulido, M. Cristina Moreira A.*

Técnica, Março, 1956, vol. 18, n.º 260, pág. 323.

C. D. U. 55 (469)

**Geeologia e hidrologia geral do País** — *Décio Thadeu.*

Técnica, Maio, 1956, vol. 18, n.º 262, pág. 429.

C. D. U. 62 007. (469)

**A missão do engenheiro em Portugal** — *José do Nascimento Ferreira Dias Júnior.*

Técnica, Nov. 1955, vol. 18, n.º 556, pág. 59.

C. D. U. 621.311.1 : 620.92 (469 — Regiões agrícolas)

**Alguns aspectos estatísticos do consumo agrícola da electricidade em Portugal** — *António Carrisso.*

Técnica, Junho, 1956, vol. 18, n.º 263, pág. 461.

C. D. U. 621.311.5/91

**Elementos sobre a produção e o consumo da energia na rede eléctrica nacional.**

Técnica, Out., 1956, vol. 18, n.º 255, pág. 6; n.º 256-72; n.º 257-132; n.º 258-208; n.º 259-254; n.º 260-322; n.º 260-334; n.º 261-378; n.º 262-428; n.º 263-508; n.º 269-571.

C. D. U. 621.34 : 62 (673)

**Energia eléctrica para o fomento das indústrias em Angola** — *José Colen.*

Técnica, Dez., 1955, vol. 18, n.º 257, pág. 133.

C. D. U. 621.385.833

**Microscopia electrónica** — *Mário José Santareno Pignatelli.*

Técnica, Out., 1955, vol. 18, n.º 255, pág. 21; n.º 256-73; n.º 259-265.

C. D. U. 621.396.216

**Comunicação por impulsos. Estudo da modulação de sucessões de impulsos** — *Manuel José de Abreu Faro.*

Técnica, Maio, 1956, vol. 18, n.º 262, pág. 399; n.º 263-473; n.º 264-541.

C. D. U. 621.396.616

**Um caso de oscilador de audio-frequência com transistor** — *M. L. Bernardo Luz* e *P. M. J. Correia de Sampaio.*

Técnica, Jan., 1956, vol. 18, n.º 258, pág. 217.

C. D. U. 621.397 : 517.534.2

**Polos e zeros das funções de rede** — *Manuel José Lopes da Silva.*

Técnica, Junho, 1956, vol. 18, n.º 263, pág. 509.

C. D. U. 621.67

**Bombas centrífugas** — *António Sales Luis.*

Técnica, Nov., 1955, vol. 18, n.º 256, pág. 85.

C. D. U. 621.313.32.004 : 621.3.016.35

**O comportamento das máquinas síncronas durante perturbações da estabilidade** — *Th. Laible.*

Técnica, Março, 1956, vol. 18, n.º 260, pág. 246.

(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 621.313.32.011.3

**As reactâncias e outras constantes da máquina síncrona** — *Th. Laible.*

Técnica, Fevereiro, 1956, vol. 18, n.º 259, pág. 294.

(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 621.247.7

**A turbina-bomba reversível axio-centrífuga de passo variável. O desenvolvimento duma nova máquina hidráulica** — *Paul Deriaz.*

Técnica, Abril, 1956, vol. 18, n.º 261, pág. 394.

(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 621.313.36 : 621.313.333.07

**Sobre as possibilidades das montagens Scherbius utilizadas para a regulação da velocidade e do factor de potência e suas aplicações** — *P. Rauhut (P. H.).*

Técnica, Outubro, 1955, vol. 18, n.º 255, pág. 49.

(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 621.314.222.001.6

**Alguns progressos recentes na construção de transformadores de potência** — *A. Rossier.*

Técnica, Dezembro, 1955, vol. 18, n.º 257, pág. 175.

(Do Mundo Técnico).

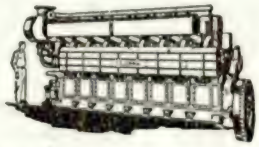
A RODA DO MUNDO... OS SINAIS DA QUALIDADE SUPERIOR

# MAQUINARIA NORDBERG

## Fabricada para o servir melhor — durar mais tempo

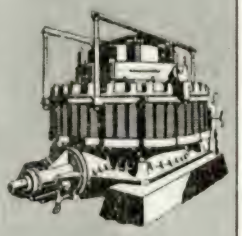
No último meio século, a Nordberg tornou-se conhecida no mundo inteiro como fabricante de primeira ordem de maquinaria de confiança. Em todas das muitas indústrias que a Nordberg serve, podem ter a certeza que os nomes Nordberg e Symons são sempre o símbolo da melhor qualidade . . . segurança . . . eficiência. **Peça mais informações.**

BRITADEIRAS PRIMÁRIAS SYMONS para grande rendimento nos minérios e outros minerais industriais. Fabricados em tamanhos de 30" a 72" (entrada).

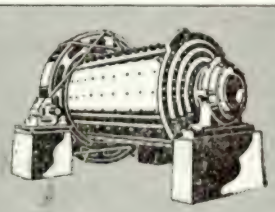


MOTORES NORDBERG — para fuel-oil, Duafel e gás natural. Fabricados em tamanhos desde 10 até mais de 12.000 HP para atender pràticamente a todas as exigências de potência.

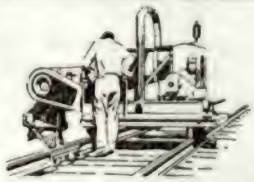
BRITADEIRAS CÓNICAS SYMONS — «padrão do mundo» para todas as necessidades de britagem fina. Construídas com cabeças de diâmetro de 22" a 7", numa vasta gama de capacidades.



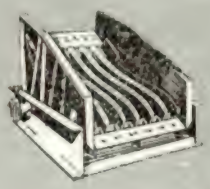
ELEVADORES DE MINAS — para transporte de minério e homens em minas de carvão e outras de grande produção.



REBOLOS DE CAIXA e outras máquinas para trabalho básico de minérios em geral.

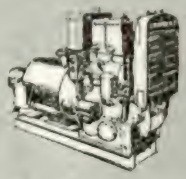


MAQUINARIA DE ALTA QUALIDADE PARA CONSERVAÇÃO DE MATERIAL FERROVIÁRIO — numa vasta gama destinada à conservação económica e eficiente de material ferroviário.



SEPARADORAS CRIVOS VIBRÁTEIS SYMONS — para todas as operações a seco ou em banho.

MOTORES NAVAIS A GASOLINA de 60 a 155 HP, para barcos de pesca, reboques e barcos de recreio.



GERADORES ENCORPORADOS DE 10 a 45 HP — 6 a 30 K.W. para gerar electricidade, motobombas e outras aplicações directas de energia.

*SYMONS — MARCA REGISTADA DE NORDBERG — CONHECIDA NO MUNDO INTEIRO*

**NORDBERG MFG. CO., Milwaukee, Wisconsin, U.S.A.** END TELEG : **NORDBERG**

**LONDON** 19 Curzon St., W.I. — **JOHANNESBURG** 42 Marshall St. — **MEXICO, D. F.** Dolores 3

*Representada nas principais Áreas Comerciais do Mundo Inteiro*

XAP156 P

C. D. U. 621.316.57 (064). 43. Hannover)

**Novo material eléctrico exibido na Feira Industrial Alemã de Hannover.**

Técnica, Dezembro, 1955, vol. 18. n.º 257, pág. 178.
(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 622.274.232

**Desmonte por «Shrinkage» em câmaras, na retomada da exploração do filão do Rebentão, em 1942** — *Alberto Cerveira.*

Técnica, Dezembro, 1955, vol. 18, n.º 257, pág. 159.

C. D. U. 624.04.001.57 (469)

**O estudo das estruturas sobre modelo em Portugal** — *Manuel Rocha.*

Técnica, Março, 1956, vol. 18, n.º 260, pág. 305.

C. D. U. 92 Bensaúde

**Dr. Alfredo Bensaúde** — *P. A. Monteiro de Barros.*

Técnica, Abril, vol. 18, n.º 261, pág. 359.

C. D. U. 624.041.2 : 518.6

**O Método de Kani para o cálculo de Pórticos** — *Eduardo Romano Arantes Oliveira.*

Técnica, Março, 1956, vol. 18, n.º 260, pág. 335.

C. D. U. 624.041.63

**Determinação de linhas de influência pelo método de Cross** — *Alfredo de Pinho Morgado.*

Técnica, Janeiro, 1956, vol. 18, n.º 258, pág. 209.

C. D. U. 624.5 : 512.831

**Aplicação da Teoria das matrizes ao cálculo das pontes** — *Prof. E. Egerváry.*

Técnica, Março, 1956, vol. 18, n.º 260, pág. 252.
(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 624.072.333

**O encastramento parcial no método de Cross** — *J. S. Brazão Farinha.*

Técnica, Março, 1956, vol. 18, n.º 260, pág. 329.

C. D. U. 624.154

**Sobre a distribuição da carga com um bloco de estacas pelo método de Nõkkentved** — *Homero Pinto Caputo.*

Técnica, Junho, 1956, vol. 18, n.º 263, pág. 519.

C. D. U. 624.131.439.82

**Método rápido para a determinação do limite líquido. Aplicação aos solos de Moçambique** — *Maria José Forjaz Sampaio.*

Técnica, Abril, 1956, vol. 18, n.º 261, pág. 387.

C. D. U. 624.624.012.47 (46)

**Ponte de Vaglì di Soto** — *Ricardo Morandi.*

Técnica, Janeiro, 1956, vol. 18, n.º 258, pág. 240.
(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 625.1.042.001

**Problemas da via férrea moderna** — *Eduardo Ferrugento Gonçalves.*

Técnica, Outubro, 1955, vol. 18, n.º 255, pág. 38; n.ºs 256-207 n.ºs 257-164.

C. D. U. (625.1/6).033.4

**Algumas observações acerca da velocidade máxima admissível num troço de via férrea, em relação com o seu traçado e estano de conservação** — *Miguel Angel Hacar e A. de Castro Bozezick.*

Técnica, Dezembro, 1955, vol. 18, n.º 257, pág. 177.
(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 626. (673)

**Possibilidades Hidroeléctricas em Angola. Censequências do seu aproveitamento para uma melhor utilização do solo. A colonização e a industrialização** — *Bettencourt Fernandes Moreno.*

Técnica, Janeiro, 1956, vol. 18, n.º 258, pág. 181.

C. D. U. 627 : 833

**Comportamento de descarregadores em poço** — *Fernando Manzanares Abecasis.*

Técnica, Outubro, 1955, vol. 18, n.º 255, pág. 29.

C. D. U. 628.22

**Cálculo dos colectores de esgoto de secção de valeta abobadada** — *José Gomes Alvarez.*

Julho, 1956, vol. 18, n.º 264, pág. 523.

C. D. U. 628.22

**Determinação dos caudais pluviais urbanos (Generalização do método racional)** — *Pedro Celestino da Costa.*

Técnica, Maio, 1956, vol. 18, n.º 262, pág. 445.

C. D. U. 662.765

**Gasificação de óleos pesados.**

Técnica, Janeiro, 1956, vol. 18, n.º 258, pág. 243.
(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 66.013 : 669.002

**Aspectos da interlização das indústrias Metalúrgicas e químicas** — *Vergílio Rui Teixeira Lopo.*

Técnica, Abril, 1956, vol. 18, n.º 261, pág. 379.

C. D. U. 666.22

**Problemas da industria do barro vermelho** — *Afonso Rodrigues Jorge Fernandes.*

Técnica, Julho, 1956, vol. 18, n.º 264, pág. 563.

C. D. U. 697.94

**Filtros de ar para instalações de ventilação e climatização** — *P. Bäcker.*

Técnica, Julho, 1956, vol. 18, n.º 264, pág. 572.
(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 669.15.782 —194

**Fabrico de Ferro-Silício de 45 %.** — *Manuel Chagas Roquette.*

Técnica, Abril, 1956, vol. 18, n.º 261, pág. 361.

# MANIL

EXPORTAÇÃO · IMPORTAÇÃO

Sede: **Paço d'Arcos** – Av. Voluntários da República – Tel. 262 P. A.

**CONSTRUÇÃO CIVIL**

SERRAÇÃO E CARPINTARIAS MECÂNICAS
MADEIRAS E TACOS TRATADOS

**Depósitos:** CASCAIS — ESTORIL
PAÇO D'ARCOS — PAREDE

As oficinas estão apetrechadas com os maquinismos mais modernos e com estufa para secagem e tratamento de madeiras

# MÁQUINAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE

Tornos Paralelos
Limadores
Engenhos Radiais
Máquinas de Rectificar
Tornos Revólver
Frezas
Escateladores
Plainas
Mandriladoras

**Entrega imediata**

## Máquinas de Precisão, L.da

**(Eng.º J. d'Arriaga de Tavares)**

LISBOA: Rua da Boa Vista, 45 a 49 — Tel. 66 60 86
PORTO: Rua Sá da Bandeira, 629 — Tel. 2 87 20
LUANDA: R. Pereira Forjaz, 79 — Caixa Postal 304

C. D. U. 669.181.5 : 621.791.565

**Revestimentos duros com maçarico oxiacetilénico** — *Pierre Sérès.*

Técnica, Dezembro, 1955, vol. 18, n.º 257, pág. 174.

(Do Mundo Técnico).

C. D. U. 725.94

**Monumento a Cristo-Rei.**

Técnica, Junho, 1956, vol. 18, n.º 263, pág. 514.

## LIVROS

C. D. U. 541.2

**Traité de Chimie Physique — tome II : L'atome, La molécule, Les états de la matière** — *John Eggert + Lothar Hock.*

Dunod, Paris, 1947, vol. 1, págs. 374.

C. D. U. 620.177 (083.74) : 691.7

**Metais — Ensaios de dobragem.**

L. N. E. C., 1955, págs. 3.

C. D. U. 620.193.19 (083.74) : 628.24

**Manilhas de grés cerâmico — Ensaios de absorção.**

L. N. E. C., 1955, págs. 3.

C. D. U. 621.316.5 : 656.13

**Reguladores dos dínamos das viaturas automóveis** — *Vasco Lima Vilas.*

1954.

C. D. U. 624.025.3 : 725.38

**Notas sobre o revestimento de pavimentos de garagens e estações de serviço de automóveis** — *Alfredo J. Valverde.*

L. N. E. C., 1954, págs. 9.

Referências biográficas.

C. D. U. 624.131.4

**Prediction of the consistency limits of soils and soil mixtures** — *Manuel Pimentel Pereira dos Santos.*

Lab. de Ensaios dé Materiais e Mec. de Solos — Moçambique, 1955, vol. 1.

C. D. U. 628.24 : 620.193.19 (083.74)

**Manilhas de grés cerâmico — Ensaios de absorção.**

L. N. E. C., 1955, pág. 3.

C. D. U. 656.13 : 621.316.5

**Reguladores dos dínamos das viaturas automóveis** — *Vasco Lima Vilas.*

1954, vol. 1.

C. D. U. 662.5.003.1 (4)

**Le Pétrole — Perspectives européenes 1955.**

OECE, Paris, 1956, vol. 1, págs. 131.

C. D. U. 691.7 : 620.177 (083.74)

**Metais — Ensaios de dobragem.**

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1955, págs. 3.

C. D. U. 725.38 : 624.025.3

**Notas sobre o revestimento de pavimentos de garagens e estações de serviço de automóveis** — *Alfredo J. Valverde.*

L. N. E. C., 1954, págs. 9.

Referências bibliográficas.

## ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 061 [669.001.5] (047) : 54

**Co-operative research** — *A. E. Dodd.*

Metalurgia, 6-955, vol. 52, n.º 312, pág. 159.

C. D. U. 331.115

**Métodos y técnicas de evaluación profesional** — *Bernardino H. Nieto.*

Racionalização, 5-6-956, vol. 9, n.º 3, pág. 193-199.

C. D. U. 338.984.3 (44)

**La planification en France** — *Pierre Randet.*

Urbanisme, 1956, vol. 25, n.º 40-50, pág. 364-314.

C. D. U. 35

**La administracion y el funcionário público norte americano** — *Gabriel Barceló Matutano.*

Revista de Obras Públicas, 9-956, vol. 104, n.º 2897, pág. 493-499.

C. D. U. 371

**Propósitos, princípios y criterios que deben guiar la reorganización de la Universidad Argentina** — *Felix Cernuschi.*

Ciência y Técnica, 4-956, vol. 121, n.º 610, pág. 37-52

C. D. U. 516.4

**El plano tangente de uma superfície como posicion limite del Plano secante** — *R. S. Luccioni.*

Técnica + Arte, 4-953, vol. 1, n.º 4, pág. 16-20.

C. D. U. 526.911.001.2

**Perturbaciones de la Plomada en las cuestas de las montañas** — *Guillermo Schulz.*

Técnica + Arte, 1-953, vol. 1, n.º 4, pág. 54-62.

C. D. U. 531.781.2 : 539.37 : 624.012.4

**Observacion de algunas estruturas de Hormigon Armado** — *Manuel Rocha, Ferry Borges, José Marecos.*

Revista de Obras Públicas, 4-956, vol. 104, n.º 2894, pág. 295-308.

C. D. U. 534.321.9 : 662.5

**Os ultra-sons e as suas aplicações especialmente nas indústrias petrolíferas.**

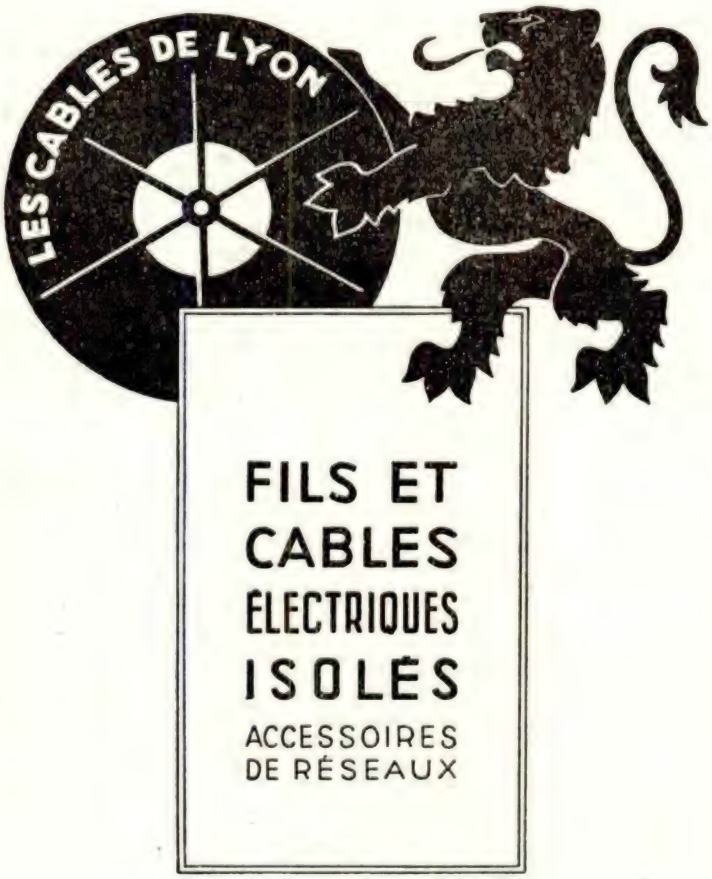
Análise, 6-956, n.º 45, pág. 9-22.

# LES CABLES DE LYON

Manufacture de fils et cables électriques
De la Compagnie Générale d'Électricité

170, Avenue Jean Jaurès

LYON




DELEGADOS

## AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

**Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Cortes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04**

C. D. U. 536.48

**Au voisinage de — 273°C — le prodigieux domaine du zéro absolu** — *Henri Farjand.*

Science et Vie, 10-956, n.° 469, pág. 84-91.

C. D. U. 539.16/.18 : 62

**Teoria elemental del acorazamiento de reactores** — *R. Simon Arias.*

Dyna, 11-955, vol. 30, n.° 11, pág. 734-741.

C. D. U. 539.17

**La fisión nuclear y sus resultados** — *H. Schwenik + R. H. Shannon.*

Dyna, 11-955, vol. 30, n.° 11, pág. 757-759.

C. D. U. 539.37 : 624.012.4 : 531.781.2

**Observacion de algunas estruturas de Hormigon Armado** *Manuel Rocha, Ferry Borges, José Marecos.*

Revista de Obras Públicas, 6-956, vol. 104, n.° 2894, pág. 295-308.

C. D. U. 54 : 061 [669.001.5] (047)

**Co-operative research** — *A. E. Dodd.*

Metalurgia, 6-955, vol. 52, n.° 312, pág. 159.

C. D. U. 542.941/3

**Oxidacion y Reducion** — *Segundo D. Villarreal.*

Técnica + Arte, 5-953, vol. 1, n.° 4, pág. 50-53.

C. D. U. 550.8 : 622.1 (661)

**Organisation de missions de reconnaissance géologique en région sahariennes** — *A. Blanchot.*

La Chronique des Mines d'Outre-Mer, 4-956, vol. 2, n.° 238, pág. 94-98.

C. D. U. 620.11 : 621.67

**Recepción de bombas centrífugas** — *Emilio Sankartin.*

Dyna, 11-955, vol. 30, n.° 11, pág. 745-747.

C. D. U. 620.171.5

**Análisis experimental de tensiones mediante el efect «muarê»** — *Hilário Fernandez Long.*

Ciência y Técnica, 6-956, vol. 121, n.° 610, pág. 33-59.

C. D. U. 621.18 : 662.61

**Balance termico y rendimento de calderas referido al poder calorífico superior o al inferior** — *Ernesto Prebish.*

Técnica + Arte, 6-953, vol. 1, n.° 4, pág. 63-66.

C. D. U. 621.209

**El aprovechamiento de la energia del Mar** — *Antônio Martinez Cattaneo* e *Eugenio Vallarino.*

Revista de Obras Públicas, 9-956, vol. 104, n.° 2897, pág. 482-492.

C. D. U. 621.24

**Les turbines de la Centrale de Treignac (France)** — *B. Bortolitti.*

Bul. Technique Vevey, 1953, vol. 1953, n.° 1, pág. 11-17.

C. D. U. 621.13 — 81 «31»

**El Futuro de la Locomotora a Vapor** — *Anacleto Tobar.*

Técnica + Arte, 5-953, vol. 1, n.° 4, pág. 4.

C. D. U. 621.311.22

**Central térmica de Nantes-Chevire** — *Jean Swetchine.*

Informes de Construcción, 5-956, vol. 9, n.° 81.

C. D. U. 621.311.22

**La central termica em Huelva y el mercado electrico español** — *Enrique Conde.*

Informes de la Construction, 5-956, n.° 81.

C. D. U. 621.318.2 : 669.173.22 — 492.2

**A Method of Proparing Iron Powder for permanent magnets** — *E. H. Casernan.*

Metalurgia, 4-955, vol. 52, n.° 312.

C. D. U. 621.385 : 78

**La música electrónica — Instrumentos electrónicos** — *Federico I. Callisen.*

Técnica + Arte, 5-953, vol. 1, n.° 4, pág. 30-42.

C. D. U. 621.395.813

**Das Sechskanal — Kompandersystem Z6 NC für den Fernsprechnahverkelr.** — *L. Christiansen, F. Buchhaltz e W. Zaiser.*

SEG Nachrichten, 1955, vol. 3, n.° 4, pág. 169-178.

C. D. U. 621.643.2 : 669.37

**Copper tube production.**

Metallurgia, 10-955, vol. 52, n.° 312, pág. 159.

C. D. U. 621.67 : 620.11

**Recepción de bombas centrífugas** — *Emilio San Martin*

Dyna, 11-955, vol. 30, n.° 11, pág. 745-747.

C. D. U. 621.791.6/7 : 625.1

**La soldadura de carril «in Situ»** — *Gonzalo Moragas.*

Revista de Obras Públicas, 6-956, vol. 104, n.° 2894, pág. 330-334.

C. D. U. 621.873 : 627.823

**Se Construye una presa con una gigantesca grúa fija** — *Luciano Coen.*

Caminos y Construccion Pesada, 6-956, vol. 15, n.° 6, pág. 25.

C. D. U. 622 (061.6.055.5)

**Rapport annuel pour 1955 de la Direction des Mines et de la Géologie du Territoire du Cameroun.**

La Chronique des Mines d'Outre-Mer, 5-1959, número especial, 239.

C. D. U. 622.1 : 550.8 (661)

**Organisation de missions de reconnaissance géologique en region sahariennes** — *A. Blanchot.*

La Chronique des Mines d'Outre-Mer, 4-956, vol. 2, n.° 238, pág. 94-98.

# TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

VOL. XVIII

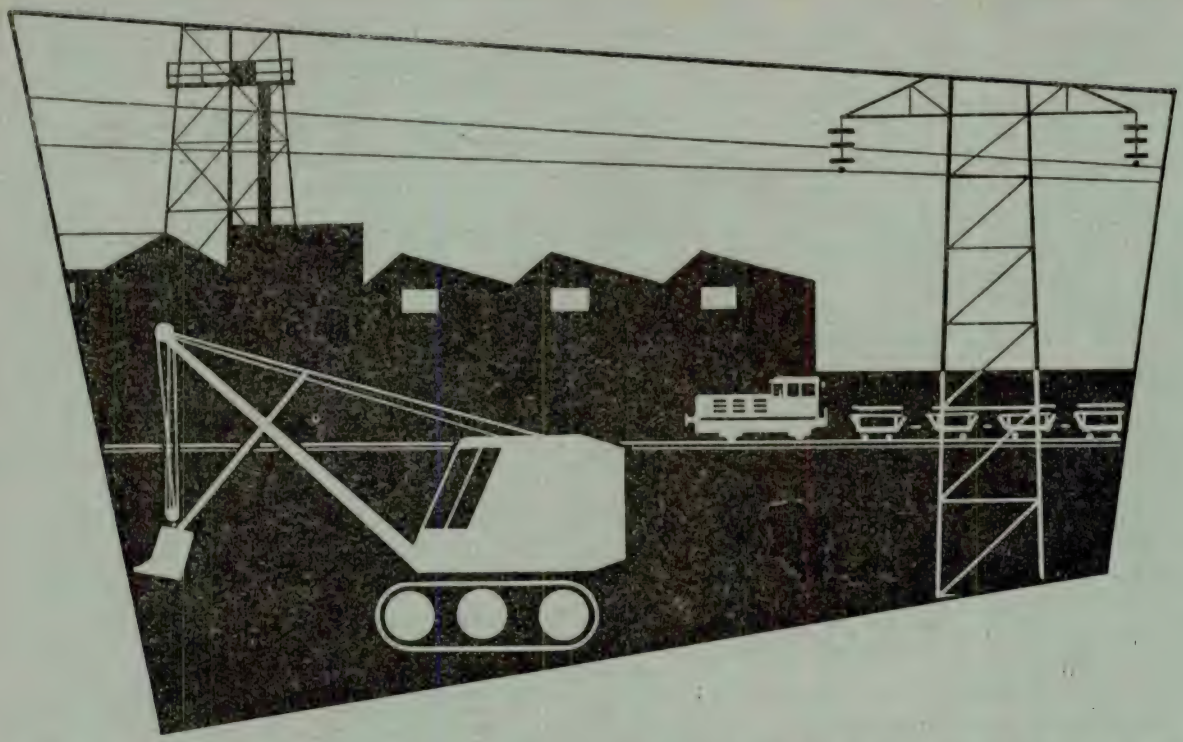
N.os 255 A 264

OUTUBRO DE 1955 A JULHO DE 1956


## Índice por assuntos dos artigos publicados


| Artigo | N.º | Data | Pág. |
|---|---|---|---|
| **Generalidades** | | | C. D. U. 0 |
| Do erro científico na investigação e no ensino . . . . . *P. de Varennes e Mendonça* | 257 | 12-55 | 119 |
| **Economia** | | | C. D. U. 33 |
| Considerações sobre a produção na indústria . . . . . *Costa Reis* | 259 | 2-56 | 247 |
| **Matemáticas** | | | C. D. U. 51 |
| «Sobre a equação de Riccati» . . . *Carlos E. Barros Vidal* | 258 | 1-56 | 225 |
| A propósito da equação de Riccati . *Ernâni Rocha* | 261 | 4-56 | 371 |
| **Fluidos em geral. Hidráulica** | | | C. D. U. 532 |
| Descarregadores em poço . . . . *Armando Lencastre* | 256 | 11-55 | 95 |
| A medição da vazão por meio de tubeiras Venturi a números de Reynolds elevados . . . . . *Dr. P. de Haller* | 262 | 5-55 | 453 |
| Determinação gráfica de curvas de regolfo em canais prismáticos com caudal constante . . . . . *Carlos Medeiros Portela* | 259 | 2-56 | 287 |
| **Gases** | | | C. D. U. 533 |
| Determinação dum escoamento compressível subsónico a partir dum escoamento incompressível . . . *P. Bevierre* | 256 | 11-55 | 115 |
| **Electricidade** | | | C. D. U. 537 |
| Tratamento algébrico da Ténica dos impulsos mediante operadores . . *Miguel da Silveira* | 256 | 11-55 | 63 |
| **Física molecular e atómica** | | | C. D. U. 539 |
| Influência da humidade sobre o comprimento dos traços produzidos pelo ThC' nas emulsões nucleares *Carlos Moura Pulido, Amélia Rézio* | 259 | 2-56 | 255 |
| Energia Nuclear *Sir John Cockcroft, K. C. B., C. B. E. F. R. S.* | 255 | 10-55 | 1 |
| Da solicitação média da matriz metálica de qualquer material siderúrgico, contendo grafite nodular ou lamelar . . . . . *Werner Grundig* | 255 | 10-55 | 7 |
| Condutimetria com alta frequência . *António Francisco X. Mello Coelho* | 258 | 1-56 | 193 |
| Contribuição para o estudo da reacção de permutação isotópica $\left[Re\,Br_6^*\right]^{=} + Br^- \rightleftarrows \left[Re\,Br_6\right]^{=} + Br^{*-}$ *J. M. Peixoto Cabral* | 257 | 12-55 | 155 |
| **Química** | | | C. D. U. 54 |
| Ensaios de purificação de soluções contendo urânio por resinas permutadoras de iões . . . . . *Carlos Moura Pulido, M. Cristina Moreira A.* | 260 | 3-56 | 323 |
| **Geologia** | | | C. D. U. 55 |
| Geologia e hidrologia geral do País *Décio Thadeu* | 262 | 5-56 | 429 |
| **Engenharia em geral** | | | C. D. U. 62 |
| A missão do engenheiro em Portugal *José do Nascimento Ferreira Dias J.or* | 256 | 11-55 | 59 |
| **Engenharia Mecânica** | | | C. D. U. 621 |
| A turbina-bomba reversível áxio-centrífuga de passo variável. O desenvolvimento de uma nova máquina hidráulica . . . . . *Paul Deriaz* | 261 | 4-56 | 394 |
| Bombas centrífugas . . . . . *António Sales Luís* | 256 | 11-55 | 85 |
| **Engenharia Electrotécnica** | | | C. D. U. 621.3 |
| Elementos sobre a produção e o consumo da energia na rede eléctrica nacional . . . . . | 255 | 10-55 | 6 |
| Idem . . . . . | 256 | 11-55 | 72 |
| Idem . . . . . | 257 | 12-55 | 132 |
| Idem . . . . . | 258 | 1-56 | 208 |
| Idem . . . . . | 259 | 2-56 | 254 |
| Idem . . . . . | 260 | 3-56 | 322 |
| Idem . . . . . | 260 | 3-56 | 334 |
| Idem . . . . . | 261 | 4-56 | 378 |
| Idem . . . . . | 262 | 5-56 | 428 |
| Idem . . . . . | 263 | 6-56 | 508 |
| Idem . . . . . | 264 | 7-56 | 571 |
| Energia eléctrica para fomento das indústrias em Angola . . . . . *José Colen* | 257 | 12-55 | 133 |
| Microscopia electrónica . . . . . | 255 | 10-55 | 21 |
| Idem . . . . . | 256 | 11-55 | 73 |

| Artigo | N.º | Data | Pág. |
|---|---|---|---|
| Microscopia electrónica . . . . . *Mário José Santareno Pignatelli* | 259 | 2-56 | 265 |
| Comunicação por impulsos. Estudo da modulação de sucessões de impulsos . . . . . | 262 | 5-56 | 399 |
| Idem . . . . . | 263 | 6-56 | 473 |
| Idem . . . . . *Manuel José de Abreu Faro* | 264 | 7-56 | 541 |
| Um caso de oscilador de audio-frequência com Transistor . . . . . *M. L. Bernardo Luz e P. M. J. Correia da S. Sampaio* | 258 | 1-56 | 217 |
| Polos e zeros das funções de rede . . *Manuel José Lopes da Silva* | 263 | 6-56 | 509 |
| O comportamento das máquinas síncronas durante perturbações da estabilidade . . . . . *Th. Laible* | 260 | 3-56 | 246 |
| As reactâncias e outras constantes da máquina síncrona . . . . . *Th. Laible* | 259 | 2-56 | 294 |
| Sobre as possibilidades das montagens Scherbius utilizadas para a regulação da velocidade e do factor de potência e suas aplicações . . *P. Ranhut* | 255 | 10-55 | 46 |
| Alguns progressos recentes na construção de Transformadores de potência . . . . . *A. Rossier* | 257 | 12-55 | 175 |
| Novo material eléctrico exibido na Feira Industr. Alemã de Hannover . *Do Mundo Técnico* | 257 | 12-55 | 178 |
| **Engenharia de Minas** | | C. D. U. 622 | |
| Desmonte por «Shrinkage» em câmaras, na retomada da exploração do filão do Rebentão, em 1942 . . . . *Alberto Cerveira* | 257 | 12-55 | 159 |
| **Engenharia Civil** | | C. D. U. 624 | |
| O estudo das estruturas sobre modelo em Portugal . . . . . *Manuel Rocha* | 260 | 3-56 | 305 |
| O Método de Kani para o cálculo de Pórticos . . . . . *Eduardo Romano Arantes Oliveira* | 260 | 3-56 | 335 |
| Determinação de linhas de influência pelo método de Cross . . . . . *Alfredo de Pinho Morgado* | 258 | 1-56 | 209 |
| Aplicação da Teoria das Matrizes ao cálculo das pontes . . . . . *Prof. E. Egerváry* | 260 | 3-56 | 252 |
| O encastramento parcial no método de Cross . . . . . *J. S. Brazão Farinha* | 260 | 3-56 | 329 |
| Sobre a distribuição da carga com um bloco de estacas pelo método de Nökkentued . . . . . *Homero Pinto Caputo* | 263 | 6-56 | 519 |
| Método rápido para a determinação do limite líquido. Aplicação aos solos de Moçambique . . . . . *Maria José Forjaz Sampaio* | 261 | 4-56 | 387 |
| Ponte de Vagli di Soto . . . . . *Ricardo Morandi* | 258 | 1-56 | 240 |
| **Vias férreas** | | C. D. U. 625.1 | |
| Problemas da via férrea moderna . . | 255 | 10-55 | 38 |
| Idem . . . . . | 256 | 11-55 | 107 |
| Idem . . . . . *Eduardo Ferrugento Gonçalves* | 257 | 12-55 | 164 |
| Notas Técnicas — Algumas observações acerca da velocidade máxima admissível num troço de via férrea, em relação com o seu traçado e estado de conservação . . . . . *Do Mundo Técnico* | 257 | 12-55 | 177 |
| **Engenharia Hidráulica** | | C. D. U. 626/627 | |
| Possibilidades Hidroeléctricas em Angola. Consequências do seu aproveitamento para uma melhor utilização do solo. A colonização e a industrialização . . . . . *Bettencourt Fernandes Moreno* | 258 | 1-56 | 181 |
| Comportamento de descarregadores em poço . . . . . *Fernando Manzanares Abecassis* | 255 | 10-55 | 29 |
| **Engenharia Sanitária** | | C. D. U. 628 | |
| Cálculo dos colectores de esgoto de secção de valeta abobadada . . . *José Gomes Alvarez* | 264 | 7-56 | 523 |
| Determinação dos caudais pluviais urbanos. (Generalisação do método racional). . . . . *Pedro Celestino da Costa* | 262 | 5-55 | 445 |
| **Engenharia Químico-Industrial** | | C. D. U. 66 | |
| Aspectos da interligação das indústrias metalúrgicas e químicas . . . *Virgílio Rui Teixeira Lopo* | 261 | 4-56 | 379 |
| Gasificação de óleos pesados . . . . *Do Mundo Técnico* | 258 | 1-56 | 243 |
| Problemas da indústria do barro vermelho . . . . . *Afonso Rodrigues Jorge Fernandes* | 264 | 7-56 | 563 |
| **Metalurgia** | | C. D. U. 669 | |
| Fabrico de Ferro-Silício de 45 % . . *Manuel Chagas Roquete* | 261 | 4-56 | 361 |
| Revestimentos duros com maçarico oxiacetilénico . . . . . *Pierre Sérès* | 257 | 12-55 | 174 |
| **Indústria de Construção** | | C. D. U. 69 | |
| Filtros de ar para instalações de ventilação e climatização . . . . . *P. Bächer* | 264 | 7-56 | 572 |
| **Arquitectura** | | U. D. C. 72 | |
| Monumento a Cristo-Rei . . . . . | 263 | 6-56 | 514 |



# MERCEDES-BENZ

## MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS. ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

**EM ARMAZÉM:**

| | |
|---|---|
| MODELO M B 841 B ..... | 25 H. P. — 1.000 R. P. M. |
| MODELO M 202 B ..... | 55 H. P. — 1.200 R. P. M. |
| MODELO M 203 B ..... | 90 H. P. — 1.200 R. P. M. |
| MODELO M 204 B ..... | 120 H. P. — 1.200 R. P. M. |

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS - ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Ponte sobre o Mondego em Figueira da Foz. A primeira que a Ex.ma Direcção do Serviço de Pontes mandou proteger com

SILEXORE

Pedidos e consultas aos distribuidores:

**No Centro e Sul:**
**V. T. MARTINS**
Rua da Prata, 59-3.º E.
Telef. 23690 LISBOA

**No Norte:**
**BLACKETT & C.A, L.DA**
Rua da Nova Alfândega, 22
Telef. 21407 PORTO

Graças à protecção do cimento contra a acção salina que a

SILEXORE
(Pintura petrificante)

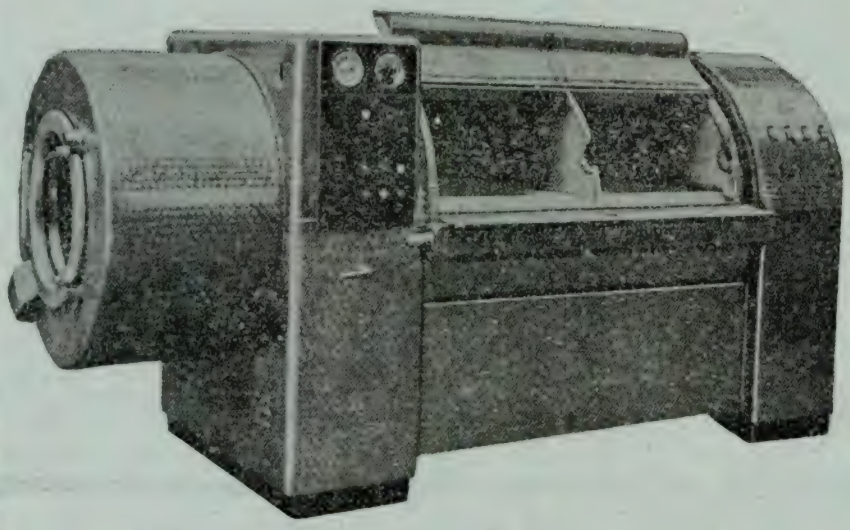
dispensa, o problema da corrosão está resolvido por largos anos.

Impermeável
Decorativa
Económica
Resistente

70 anos de experiência é a garantia que oferecemos aos técnicos da construção. Os 80 tons que oferecemos à arquitectura dispensa comentários.

OS PRODUTOS
SILEXORE
resolverão todos os seus problemas de revestimento exterior e impermeabilidade.

POENSGEN



TÉCNICA PERFEITA

A MAIS MODERNA MAQUINARIA PARA
**LAVANDARIAS**

✦

ORÇAMENTOS
ESTUDOS

AZEVEDO & PESSI, LDA.
Rua Nova do Almada, 46 — LISBOA — Telefs. 2 0354 - 2 4495 - 2 9879

# DEVCON—O aço plástico

**80 % de aço — 20 % de plástico**

**Um produto da DEVCON CORPORATION de alto interesse para:**

INDÚSTRIAS QUÌMICAS
Refinarias de óleos — Adubos e cimentos

SERVIÇOS PÚBLICOS
Gás — Aguas — Electricidade

MARINHA
Reparações de máquinas e motores

MOLDES
Para as indústrias de borracha e plásticos, porcelanas e vidros

FUNDIÇÕES
de ferro e metais

FÁBRICAS DE PAPEL — MINAS

OFICINAS DE REPARAÇÕES
de automóveis e motores

**e outras aplicações**

Peçam um folheto aos distribuidores exclusivos:

AGÊNCIA COMERCIAL, L.DA

LISBOA — R. da Boa Vista, 76-1.º
PORTO — R. Passos Manuel, 14
ÉVORA — R. da República, 97

DUPLICADORES

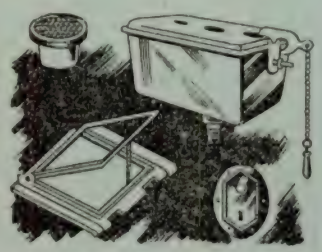
Manuais e eléctricos.

Gestetner

OS MELHORES DO MUNDO

A GESTETNER, L.DA

RUA DA CONCEIÇÃO, 125 — Telefone 2 2628 - LISBOA
LARGO DO PADRÃO, 20, 1.º — Telefone 2 3469 - PORTO



MATERIAL EM FERRO FUNDIDO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

ALFREDO ALVES & C.ª (FILHOS)

R. ACADEMIA DAS CIENCIAS, 5 • LISBOA
TELEFONES 31710 • 31718 • 31719
CAIXA POSTAL 409

## ESTE MISTURADOR-SECADOR, MÓVEL E ECONÓMICO, PRODUZ QUALQUER TIPO DE MISTURA

O Mixall é uma unidade pequena e fàcilmente transportável que produz «in-loco» todos os tipos de misturas comparáveis às que são produzidas nas instalações misturadoras, Barber-Greene, de maior porte. Produz misturas cujas quantidades podem ir de 300 libras a 5 toneladas por hora de mistura quente e até 10 toneladas de mistura fria.

**O misturador-secador Mixall** pode ser rebocado por camionetas ligeiras e a sua alimentação pode ser feita a partir de camions, carros de mão ou por retoma de stock. Trabalha numa faixa de rodagem de cada vez.

**Mistura materiais de estabilização** utilizando cimento Portland.

**É fácil de operar,** não necessitando de pessoal especializado.

Para informação detalhada dirija-se ao representante exclusivo.

**Barber-Greene Overseas, Inc.**
Barber-Greene Company, Aurora, Ill., U.S.A.

BG

Barber-Greene Olding & Co., Ltd., England
Barber-Greene Canada, Ltd., Canada

**REPRESENTANTE EXCLUSIVO:**

SMEIA

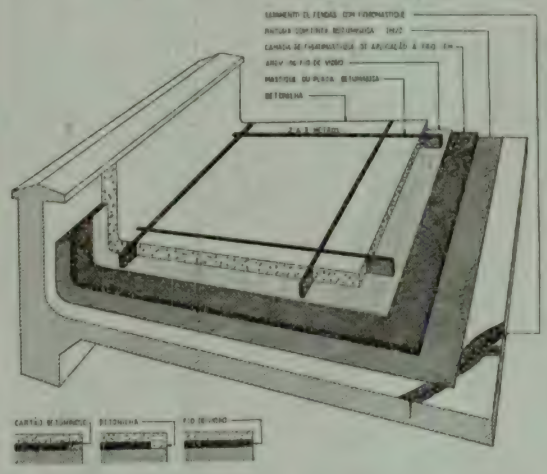
**SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.**

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8
**LISBOA**

Ad No. 54-101A—M

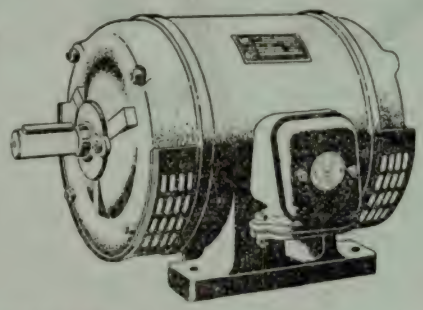
TODOS OS MATERIAIS PARA
**IMPERMEABILIZAÇÃO**
PRODUZIDOS PELO MESMO
FABRICANTE

Placas Betuminosas, Fibromastiques, Tintas Betuminosas, Mastiques, Emulsões, Colas, Cartões Betuminosos e Papéis Asfaltados



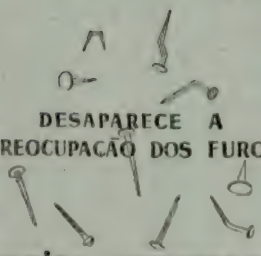
**GUEDES & SANTOS SILVA, LDA.**
R. de Pedrouços, 49 • Tel. 61 13 16 • LISBOA

Maior progresso industrial
Maior rendimento
COM OS MOTORES ELÉCTRICOS
EFA-ACEC



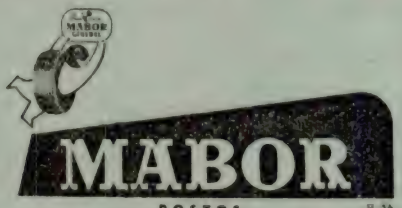
**CONSULTE:**
BONNEVILLE OLIVEIRA
R. DE CAMÕES, 306-310
TELEFONE **20859**
PORTO

*Pneu sem câmara*
ANTI-FURO
DO TIPO *Silent Safety*



DESAPARECE A PREOCUPAÇÃO DOS FUROS

maior segurança!
maior economia!




POSTOS
DE ASSISTENCIA TÉCNICA GRATUITA:
LISBOA – LARGO DO ANDALUZ, 15-C – TELEF. 57163
PORTO – PRAÇA DOS BOVIHÕES, 30 – TELEF. 38271
COIMBRA – RUA DA SOFIA, 175 – TELEF. 5232
AVEIRO • BEJA • BRAGA • CASTELO BRANCO • COVILHÃ
FARO • SANTARÉM • VILA REAL • VISEU

A CANETA
*para tinta da China de aplicações inumeras*

# CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

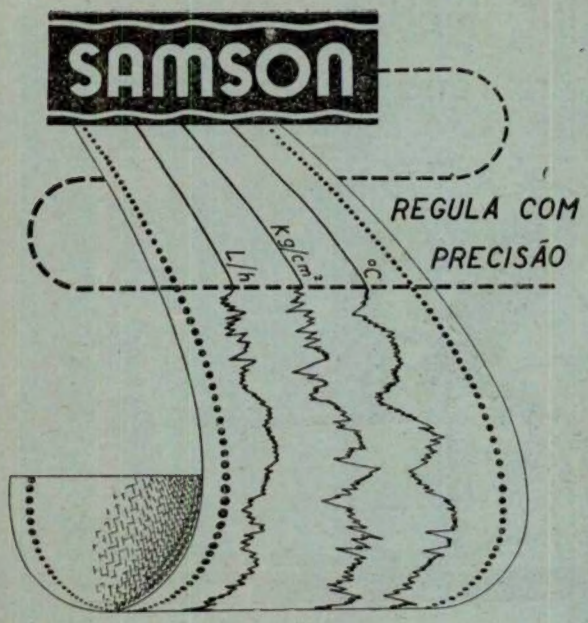
LISBOA

OFICINAS E LABORATÓRIOS DO

# INSTITUTO SUPERIOR TECNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva




**TEMPERATURA, PRESSÃO E DÉBITOS**
**PARA VAPOR, ÁGUA, AR, ÓLEO E OUTROS FLUIDOS**

**BOUHON & IRMÃO, LTD.**

EM LISBOA: Av. Júlio Diniz, 26, r/c Esq.
Telef.: 77 36 03, 77 86 85
NO PORTO: Rua Antero do Quental, 615
Telef. 4 0118 — 4 0119

# Companhia União Fabril

**Sede: Rua do Comercio, 49**

**LISBOA**

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

**Fábricas em:**
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

**Oficinas de:**
**Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens**

**Fundição de:**
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

**Construção Naval**

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

**Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica**

AGLOMERADOS DE CORTIÇA
PARA
# ISOLAMENTOS
TÉRMICOS — ANTIVIBRÁTICOS
E
ACÚSTICOS

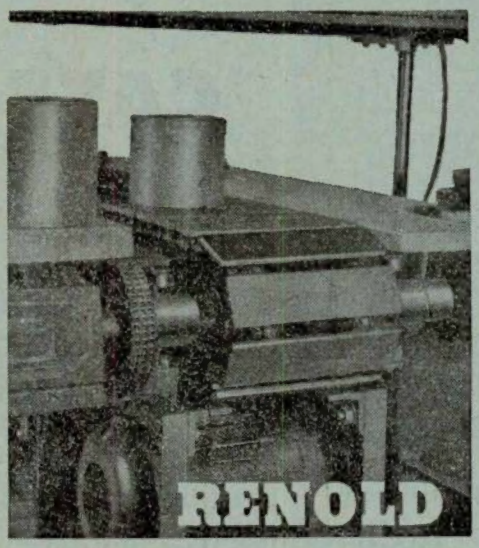
# ISOLA

SOCIEDADE COMERCIAL DE ISOLAMENTOS DE CORTIÇA, L.DA

LISBOA

**Avenida António Augusto de Aguiar, 17**

Telef. 4 9787 — 4 1697 — 4 7824




**Deslise suave**

Exemplo típico de corrente transportadora RENOLD accionando uma plataforma de deslise suave numa máquina de encher latas que também emprega três transmissões RENOLD.

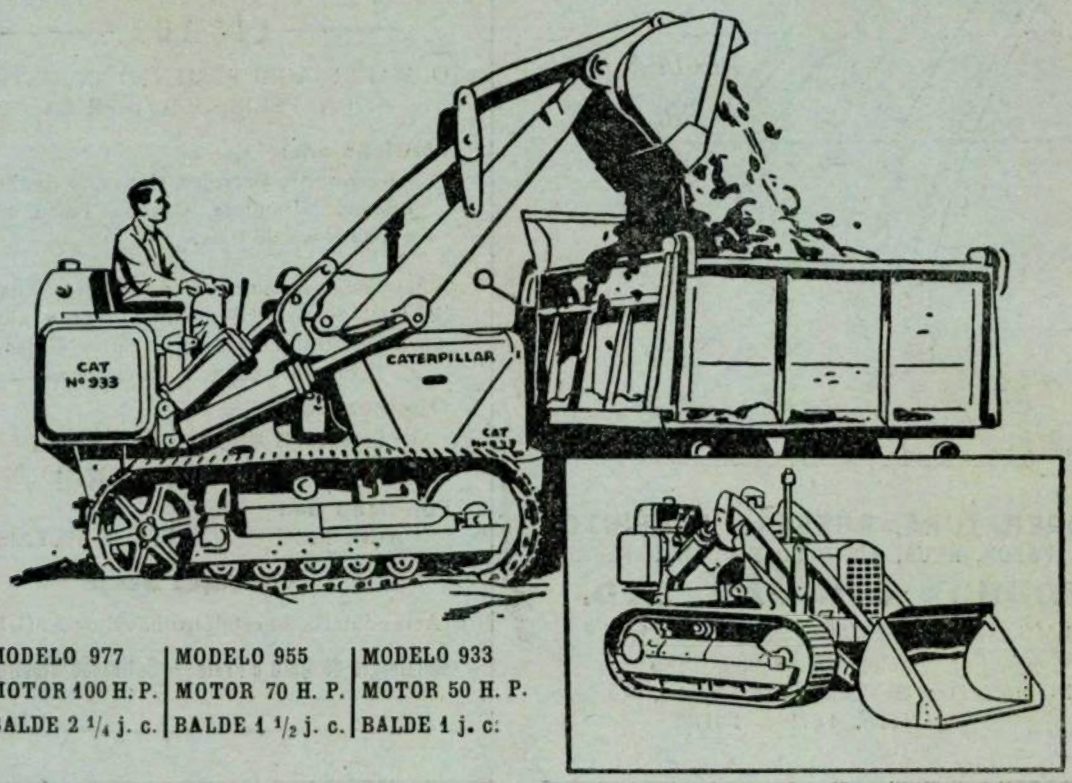
**Correntes de aço para Elevadores e Transportadores**

Agentes e Depositários

HARKER, SUMNER & C.A, L.DA

PORTO — 38, Rua de Ceuta, 48
LISBOA — 14, Largo Corpo Santo, 18

# As pás hidráulicas Caterpillar, modelos Traxcavator 977, 955 e 933 oferecem maior rendimento e duração




| MODELO 977 | MODELO 955 | MODELO 933 |
|---|---|---|
| MOTOR 100 H. P. | MOTOR 70 H. P. | MOTOR 50 H. P. |
| BALDE 2 1/4 j. c. | BALDE 1 1/2 j. c. | BALDE 1 j. c. |

# CATERPILLAR

MARCA REGISTADA

- Embraiagem em banho de óleo, que dura 5 vezes mais do que as vulgares embraiagens do tipo seco;
- Inclinação apropriada do balde que permite menores desperdícios de carga durante a elevação;
- Assento do operador em posição elevada, permitindo ver a área de trabalho, por cima do «capot»;
- Sistema hidráulico equipado com filtros eficazes;
- Rastos com sapatas de 3 garras;
- Motor de arranque a gasolina ou eléctrico.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

**Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B — LISBOA**

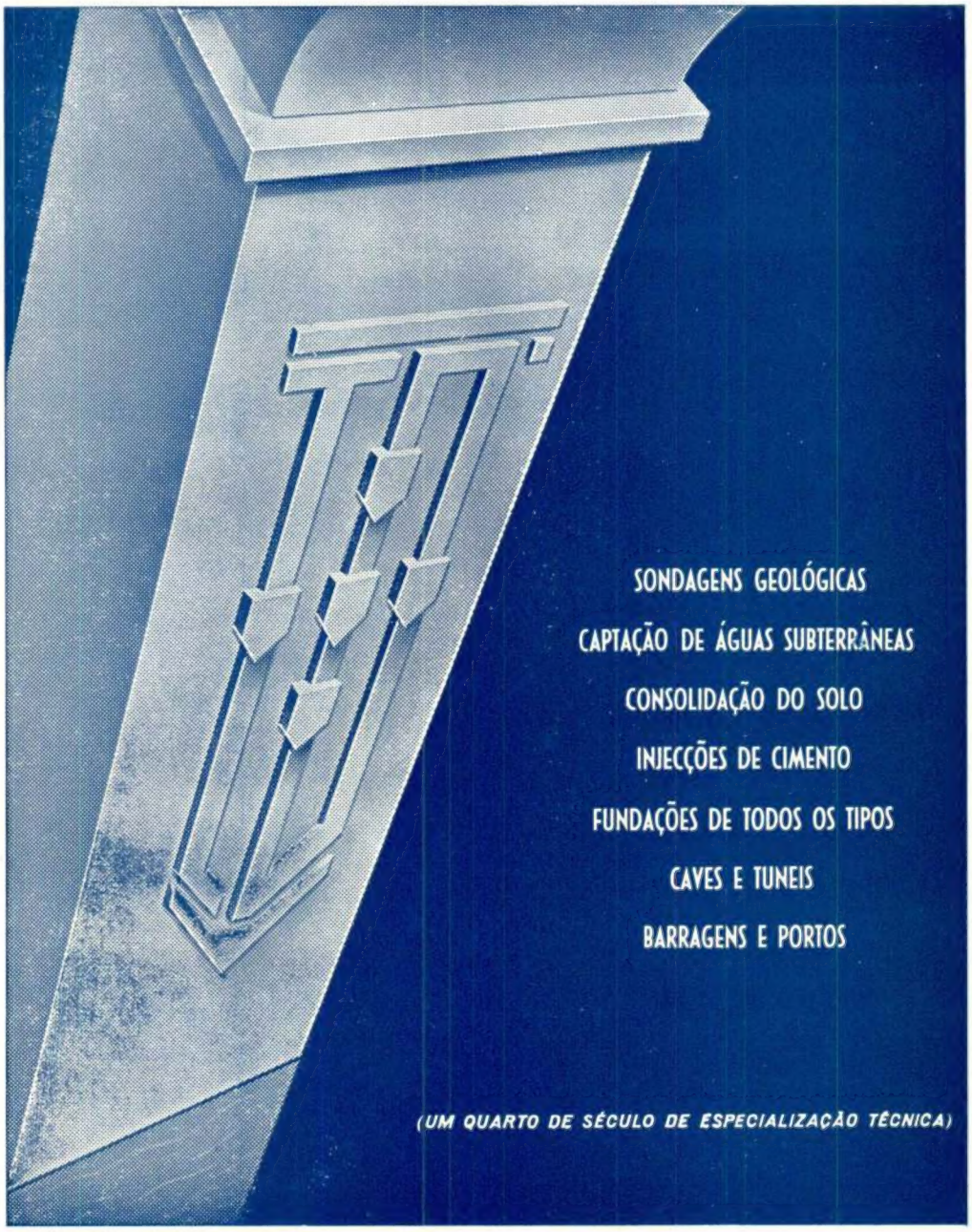
**Telefones 72 40 53 / 4 / 5**

# Empresa de Sondagens e Fundações

# TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.°
TELEF. 3 2774

**LISBOA**



# S. A. BROWN BOVERI & CIE.

BADEN (SUÍÇA)

REPRESENTANTE GERAL EM PORTUGAL:

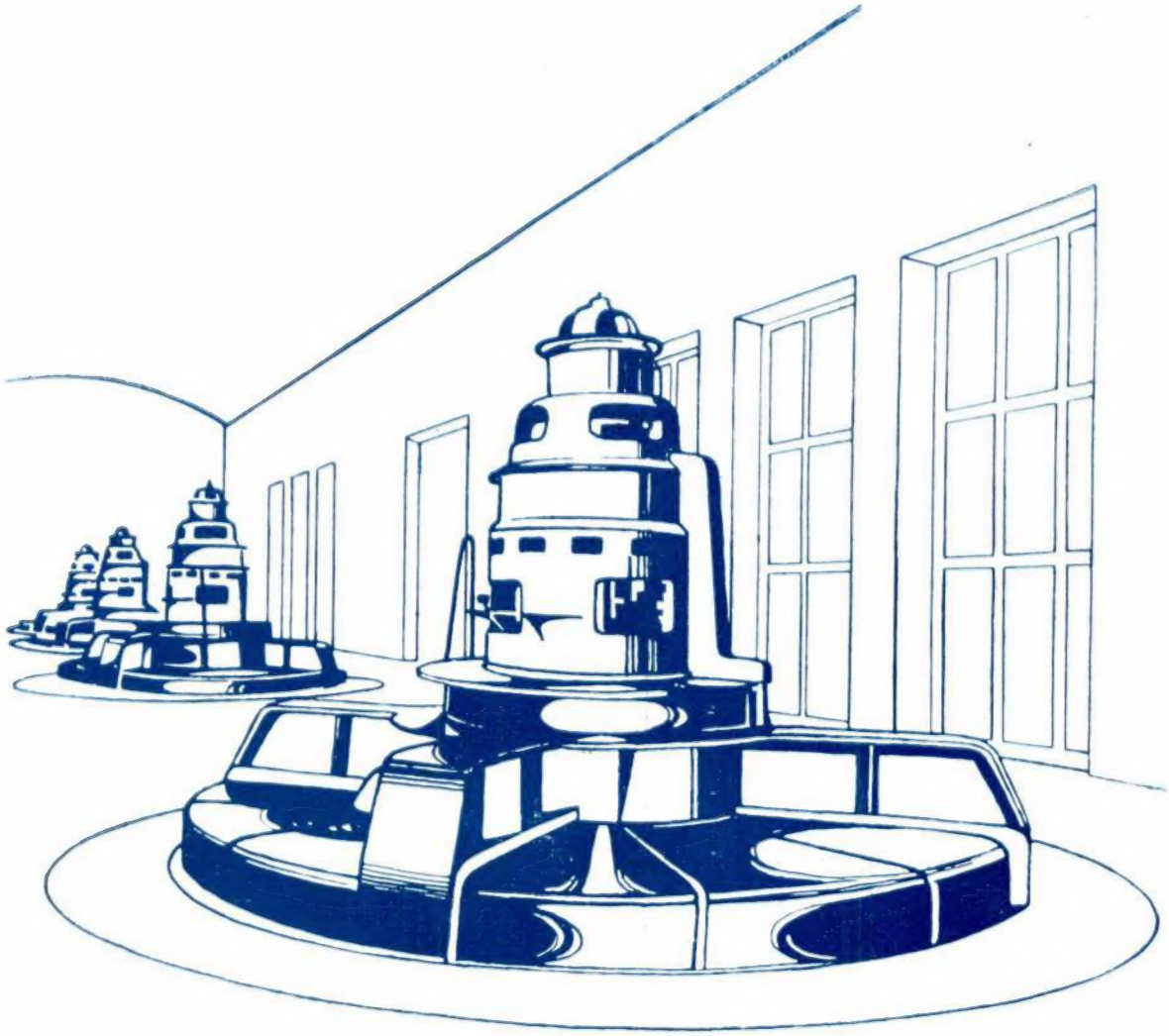
**Sociedade de Electricidade BROWN BOVERI, LIMITADA**

Rua de Sá da Bandeira, 481-2.º

(Palácio do Comércio)

**Telefone 2 3411**

PORTO



**BROWN BOVERI & CIE.** instala centrais hidroeléctricas e termoeléctricas. A Portugal já forneceu muitas entre as quais SALAMONDE, no rio Cávado com dois grupos de 29.600 cavalos cada um. Procede à montagem do maior alternador instalado em Portugal, 60.000 kVA, na central de VILA NOVA, no rio Cávado. Em fabricação o maior turbo grupo que vai existir neste País com turbina a vapor de 76.000 cavalos.